# ACADÉMIE DES SCIENCES.

## SÉANCE DU LUNDI 30 JANVIER 1922.

PRÉSIDENCE DE M. ÉMILE BERTIN.


---

## MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

NOMOGRAPHIE. — *Sur les avantages comparés des abaques hexagonaux et des abaques à points alignés.* Note de M. CH. LALLEMAND.

1. Dans une Note précédente [1], j'ai brièvement indiqué comment est née et s'est développée, depuis un peu plus d'un siècle, la Science de la représentation plane des équations à plusieurs variables, au moyen d'abaques, savoir :

1° Pour les formules à trois variables : abaques à entre-croisements (Pouchet, 1795) ; abaques cartésiens anamorphosés (Lalanne, 1843) ; abaques à coordonnées parallèles (M. d'Ocagne, 1884) ;

2° Pour les formules renfermant un nombre quelconque de variables : abaques hexagonaux (Ch. Lallemand, 1885), applicables à toute relation du type

$$\Sigma f_{12} g_{34} h_{56} \ldots = 0, \tag{1}$$

qui embrasse la plupart des formules de la technique ; abaques à points alignés (M. d'Ocagne, 1891).

Certaines appréciations, erronées à mon sens, ayant été publiées [2] au sujet des conditions respectives d'application de ces deux dernières catégories d'abaques, il me paraît utile de procéder à une comparaison détaillée de leurs avantages et de leurs inconvénients relatifs.

2. Tout d'abord, faisons une remarque générale, applicable à tous les genres d'abaques.

---

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 82.

[2] Voir, notamment, *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 146.

Au point de vue philosophique, un abaque, quel qu'il soit, est essentiellement constitué par une mosaïque de points cotés. Or, un point, sur le plan, est déterminé par la rencontre de deux lignes. Cette condition étant, à la fois, nécessaire et suffisante, il en résulte que l'on ne saurait concevoir aucun type d'abaques dont les *éléments primordiaux* dépendraient, individuellement, de plus de deux variables. Dès lors, pour qu'une formule soit susceptible d'être traduite en abaques, il faut et il suffit qu'elle puisse être dissociée en éléments renfermant chacun deux variables au plus. Cette dissociation se fera tantôt par voie algébrique, préalablement à la création de l'abaque, tantôt graphiquement, par la construction même de celui-ci.

Un coup d'œil, jeté sur les multiples exemples d'abaques reproduits dans les *Traités de Nomographie*, suffit pour constater que cette règle ne souffre *aucune exception*.

Attribuer, dès lors, un moindre caractère de généralité à l'abaque hexagonal parce que, au delà de trois variables, il ne serait plus « qu'un enchaînement de nomogrammes à trois dimensions », c'est, basée sur un truisme, une critique sans portée.

3. Ceci dit, passons à l'examen comparatif des abaques hexagonaux et des abaques à points alignés.

Soit à représenter une formule du type (1) ci-dessus. Chacun des éléments, tels que $f_{12}$, $g_{34}$, etc., étant figuré par une échelle binaire (réduite à une échelle linéaire dans le cas d'une seule variable), les échelles multiples, traduisant chacun des produits tels que $f_{12}$, $g_{34}$, $h_{56}$, etc., sont réalisées, dans la méthode des points alignés, exactement comme dans celle des abaques hexagonaux. La seule différence réside dans le mode d'assemblage employé pour effectuer la sommation de ces produits.

Dans l'abaque hexagonal, les échelles, linéaires ou multiples, sont disposées perpendiculairement aux trois diamètres de l'hexagone régulier utilisé comme indicateur.

Dans l'abaque correspondant à points alignés, les échelles sont disposées parallèlement à trois supports rectilignes, eux-mêmes parallèles entre eux, et les trois index de l'abaque hexagonal sont remplacés par un *index* unique. Mais les points alignés sous cet index sont les projections respectives de points des échelles multiples sur les supports correspondants; aussi, pour les équations à plus de trois variables, l'abaque à points alignés est-il, en général, moins facile à consulter que l'abaque hexagonal.

Si l'abaque renferme plus de trois échelles, linéaires ou multiples, la sommation, dans le type hexagonal, exige, au delà de la troisième échelle,

autant de glissements successifs de l'indicateur. Mais, dans le cas des points alignés, ces glissements sont remplacés par un nombre égal de pivotements autour des points successifs de rencontre de l'index avec des droites auxiliaires servant de charnières; opération assez délicate lorsque le pivot n'est pas matérialisé par un coup de crayon ou, tout au moins, repéré sur la charnière, spécialement cotée à cet effet.

En fait, il n'existe pas de méthode générale universellement supérieure à toutes les autres; le choix à faire entre elles, dans chaque cas particulier, dépend de la forme de l'équation et des conditions du problème.

4. Voyons maintenant quelques exemples :

1° *Formules à trois variables.* — Le cas le plus général est représenté par l'équation

$$f_{123} = 0. \tag{2}$$

Si elle n'est pas anamorphosable, cette équation peut toujours être représentée, comme une surface topographique, par des courbes de niveau en $z_3$, recoupant un damier formé d'horizontales et de verticales respectivement cotées en $z_1$ et en $z_2$. La dissociation se trouve ainsi effectuée graphiquement; l'équation (2), finalement, étant représentée par une échelle binaire, cotée en $z_1$ et $z_3$, accolée à une échelle linéaire en $z_2$; ce qui constitue un cas très particulier des abaques hexagonaux. La méthode en points alignés n'y apporterait aucune simplification.

Considérons ensuite les équations (2) anamorphosables et classons-les d'après l'*ordre nomographique réel*, notion précieuse due à M. R. Soreau.

Les équations d'*ordre* 3 sont réductibles à la forme canonique

$$f_1 + f_2 + f_3 = 0, \tag{3}$$

cas particulier de la relation (1), représenté, en points alignés, par trois simples échelles parallèles [1]. Mais ces échelles étant coupées obliquement par l'index, l'estime des fractions de division y est moins précise que sur un abaque hexagonal, dont les échelles sont croisées orthogonalement par les index correspondants.

Par contre, avec la méthode des points alignés, la faculté de disposer à volonté du module de deux des échelles permet, en ce cas, de donner à l'abaque une disposition favorable. Enfin l'inégalité possible des dilatations

(1) La méthode des points alignés a été vulgarisée par les multiples applications qui en ont été faites pour ce cas particulier, très fréquemment rencontré dans la pratique courante.

du papier-support, dans deux directions rectangulaires, n'a, dans ce même cas, aucune influence sur l'exactitude des résultats ([1]).

Pour l'*ordre* 4, comme l'a montré Clark, l'équation proposée est réductible à l'une ou à l'autre des deux formes canoniques :

$$(4)\qquad f_1 f_2 f_3 + (f_1 + f_2) g_3 + h_3 = 0,$$

$$(5)\qquad f_1 g_3 + f_2 + f_3 = 0.$$

En abaques à points alignés, dans l'un et l'autre cas, chacune des trois variables est représentée par une seule échelle.

En abaques hexagonaux, par contre, l'équation (4) exigerait, pour sa représentation, deux échelles ternaires accolées, contenant chacune les trois variables, et l'inconnue, dès lors, ne pourrait s'obtenir que par tâtonnements; l'équation (5), d'autre part, se traduirait par une échelle binaire et une échelle linéaire accolées, c'est-à-dire, en somme, par un abaque à entrecroisement à trois cours de droites.

La supériorité de la méthode des points alignés est, ici, évidente.

En général, les équations d'*ordre* 5 et d'*ordre* 6 ne sont pas anamorphosables et, par suite, ne peuvent être représentées à l'aide de trois échelles simples seulement. Ainsi, malgré sa forme peu compliquée, l'équation, d'ordre 5,

$$(6)\qquad f_1 = f_2 f_3 + g_2 g_3,$$

ne peut, en général, être figurée, soit en points alignés, soit en abaque hexagonal, autrement qu'avec une échelle simple en $z_1$ et deux échelles binaires cotées, l'une et l'autre, en $z_2$ et $z_3$.

La disposition hexagonale et, mieux encore, l'abaque cartésien à entrecroisements, sont alors plus avantageux.

2° *Formules à plus de trois variables.* — Nous avons montré que, pour les équations de la forme (1), l'abaque hexagonal est préférable en général.

Tel est le cas pour la formule, à quatre variables, de la déviation du compas ([2]), et aussi pour la formule, à sept variables, de l'erreur de réfrac-

---

([1]) Avec l'abaque hexagonal, pour échapper à cet inconvénient, on remplace parfois l'indicateur mobile par un triple réseau de lignes-guides, tracées sur l'épure même et interrompues à la traversée des échelles, afin d'éviter la confusion. (A titre d'exemple, voir, dans *Nivellement de haute précision*, par Ch. Lallemand, p. 774, l'abaque du salaire des porte-mires.)

([2]) Abaque hexagonal reproduit dans le *Traité* de M. Soreau (t. 2, p. 155, Abaque 126) et dans le *Traité de Nomographie* de M. d'Ocagne (2e édition, p. 153).

tion ([1]), équations qui, même, ne sauraient être mises sous forme explicite. Les *Traités de Nomographie* ne contiennent aucun exemple d'abaques en points alignés dont la complication dépasse celle de ces derniers, ou encore celle de l'abaque hexagonal, à quatre échelles binaires et huit variables, servant au calcul des salaires des porte-mires du Nivellement général de la France ([2]).

Par contre, les avantages et les inconvénients des deux méthodes se balancent dans un cas particulier, très fréquent, de l'équation-type $\sum f_n = 0$, pour lequel M. Soreau a donné une troisième solution très favorable, où les échelles sont placées, deux à deux, sur des cercles concentriques servant aussi de lignes de pivotement, de sorte que les points-pivots restent toujours dans les limites de l'épure.

Pour les équations du type

$$(7) \qquad f_1 g_{34} + f_2 h_{34} + f_{34} = 0,$$

les points alignés présentent un avantage marqué, en ce qu'ils permettent de n'avoir qu'un système figuratif pour chacune des variables, alors que la méthode hexagonale exigerait deux échelles ternaires accolées, contenant, chacune, les trois variables, ce qui compliquerait la recherche de l'inconnue.

Dans ce cas particulier rentrent l'équation complète du troisième degré

$$(8) \qquad z^3 + nz^2 + pz + q = 0 \text{ ([3])}$$

et la formule générale de résolution des triangles sphériques

$$(9) \qquad \cos a = \cos b \cos c + \sin b \sin c \cos A.$$

Comme je l'ai déjà indiqué dans ma Note précédente, la méthode des points alignés doit alors être nettement préférée.

5. En fait, tant que la construction d'un abaque, qu'il soit hexagonal ou à points alignés, se réduit au tracé de trois échelles rectilignes, l'opération est à la portée du plus grand nombre des techniciens; mais dès que l'on est obligé de recourir à des échelles moins simples, elle devient une véritable

([1]) Abaque hexagonal inséré dans *Nivellement de haute précision* par Ch. Lallemand (2e édition, p. 497) et reproduit dans le *Traité* de Soreau (t. 1, p. 425, Abaque 98) et dans le *Traité de Nomographie*, *op. cit.* (2e édition, p. 150).

([2]) Voir *Nivellement de haute précision*, *op. cit.* (p. 774).

([3]) Cette équation a été traduite par M. d'Ocagne (*T. N.*, 2e édition, p. 124) en un abaque à points alignés, comprenant un réseau de points à deux cotes, $z$ et $n$, avec deux échelles simples, parallèles, en $p$ et en $q$.

œuvre d'art, qu'il est préférable de confier à des spécialistes entraînés à ce genre de travaux. C'est grâce à la création d'un bureau *ad hoc* que M. d'Ocagne a pu, durant la guerre, établir, pour les besoins de l'Armée, les nombreux abaques qui ont rendu tant de services.

CHIMIE GÉNÉRALE. — *Sur l'autoxydation : les Antioxygènes.* Note [1] de MM. **Charles Moureu** et **Charles Dufraisse.**

Au cours de nos récentes recherches sur l'acroléine, un examen attentif des conditions de l'altération de cette matière éminemment instable nous a conduits, de proche en proche, à envisager des problèmes d'ordre très général, et, en particulier, celui de l'autoxydation (oxydation spontanée, par l'oxygène libre, dans les conditions ordinaires de température et de pression), dont on connaît toute l'importance en Chimie et en Biologie. Une découverte bien inattendue résulte de nos investigations : l'autoxydation d'un grand nombre de substances peut être entravée par la présence de traces de certains corps [2]. Nous appelons ces corps des *antioxygènes*. Les faits rapportés ci-dessous établiront que la propriété antioxygène appartient, d'une manière générale, à la fonctiou phénol.

1. *Expérience fondamentale.* — Soit un tube barométrique terminé, à sa partie supérieure deux fois recourbée, par un petit réservoir contenant, par exemple, de l'aldéhyde benzoïque, corps qui, comme on sait, s'oxyde rapidement à l'air. Introduisons dans ce tube de l'oxygène pur jusqu'à ce que le mercure soit au même niveau à l'intérieur et à l'extérieur. On ne tarde pas à voir le mercure s'élever progressivement; en quelques heures, la colonne a atteint une hauteur correspondant à une pression intérieure de $5^{cm}$ à $6^{cm}$; l'ascension est de plus en plus lente; et, après 24 heures, la pression est encore de $2^{cm}$ à $3^{cm}$. Ce phénomène est dû à la transformation, par fixation d'oxygène, de l'aldéhyde benzoïque en peroxyde, puis en acide benzoïque.

Répétons la même expérience avec de l'aldéhyde benzoïque additionné d'une très faible proportion d'hydroquinone (de l'ordre de $\frac{1}{1000}$). Cette fois

---

[1] Séance du 23 janvier 1922.

[2] Il convient de rappeler que l'on savait depuis longtemps, dans le même ordre de faits, que des traces de certains gaz ou vapeurs (hydrogène sulfuré, éthylène, alcool, éther, essence de térébenthine, pétrole, etc.) empêchaient la luminescence du phosphore.

on ne voit plus monter le mercure ; l'absorption de l'oxygène ne se fait plus. Des traces d'hydroquinone empêchent donc l'aldéhyde benzoïque de fixer l'oxygène. Tel est le fait fondamental nouveau qui est à la base de nos recherches.

Nous remarquerons, accessoirement, qu'une autre conclusion intéressante peut être tirée de la même expérience : l'aldéhyde benzoïque en vapeur ne subit pas l'autoxydation.

Ajoutons que, si l'on prolonge l'observation, un phénomène particulier se produit (nous y reviendrons plus loin), qui nous prive du moyen de reconnaître par cette simple expérience si la fixation d'oxygène est complètement supprimée ou si elle n'est que considérablement ralentie.

2. Nous avons constaté des résultats analogues en opérant avec différentes autres substances autoxydables et une série d'autres phénols, les corps des deux catégories étant conjugués deux à deux, à savoir : acétaldéhyde, chloral, aldéhyde propylique, acroléine, aldéhyde anisique, aldéhyde cinnamique, aldéhyde hydrocinnamique, furfurol, styrolène, essence de térébenthine, huile de lin, huile de noix, beurre, d'une part; phénol ordinaire, thymol, gaïacol, eugénol, naphtol $\alpha$, naphtol $\beta$, pyrocatéchine, résorcine, pyrogallol, acide gallique, tannin, aldéhyde salicylique (aldéhyde à fonction phénol), vanilline (aldéhyde à fonction phénol), orthonitrophénol, orthoaminophénol, d'autre part.

Les effets observés peuvent varier dans des limites assez étendues suivant la nature et les proportions respectives des deux substances antagonistes, surtout en ce qui concerne le produit phénolique. L'hydroquinone (paradiphénol), la pyrocatéchine (orthodiphénol) et le pyrogallol (triphénol 1.2.3) se montrent tout particulièrement actifs; le phénol ordinaire et la résorcine le sont peu, le gaïacol et les naphtols le sont beaucoup plus (1).

3. Nous dirons d'ailleurs, dès maintenant, par raison d'analogie, qu'il nous paraît vraisemblable qu'il ne s'agit jamais, même quand la vitesse d'absorption de l'oxygène paraît être nulle, que d'un ralentissement et non d'une suppression totale de l'autoxydation.

---

(1) Parmi les phénols, nous devons réserver le cas de la phloroglucine (phénol 1.3.5). Ce corps, en effet, opposé à l'acroléine, non seulement n'a pas empêché l'autoxydation, mais il a paru même la favoriser. Il convient, du reste, de rappeler que la phloroglucine réagit souvent comme une tricétone.

Comme il était à prévoir, l'aldéhyde salicylique et la vanilline, à l'inverse des autres aldéhydes, ne s'autoxydent pas, la fonction phénol protégeant la fonction aldéhyde contre l'action de l'oxygène.

Il semblerait, *à priori*, qu'il est facile de s'assurer, d'une manière précise, si l'oxydation, lorsqu'elle paraît nulle, l'est réellement ou si elle est seulement très ralentie : il devrait suffire de prolonger assez longtemps les observations. Malheureusement, un phénomène parasite (celui annoncé ci-dessus) vient fausser les indications. Si nous continuons à observer les tubes barométriques où les substances autoxydables ont été additionnées de phénols, nous noterons toujours, au bout d'un temps variant, suivant les cas, de quelques jours à quelques semaines (voire même à quelques mois et quelques années), une ascension appréciable de la colonne mercurielle, qui prouve indubitablement une certaine absorption d'oxygène. En étudiant le phénomène de plus près, nous constaterons une condensation progressive du corps autoxydable sur les parois de la chambre barométrique et jusque sur la surface du mercure, où il se rassemble peu à peu. Et c'est cette fraction du corps ainsi soustraite à la protection de l'antioxygène qui a manifestement absorbé l'oxygène dont on a constaté la disparition. Comme on le voit, le phénomène limite la durée des observations et nous prive du moyen de savoir si la substance autoxydable additionnée d'antioxygène ne subit pas une oxydation d'allure très ralentie.

4. Il serait peut-être prématuré, dans l'état actuel de nos expériences, de chercher à exprimer les activités relatives par des valeurs numériques. Il est naturel de penser, toutefois, que l'on peut, en première approximation, considérer ces activités comme étant, toutes choses égales d'ailleurs, en raison inverse des proportions de corps phénoliques produisant un effet déterminé. Ainsi envisagé, le pouvoir antioxygène peut atteindre parfois un degré très élevé. L'hydroquinone semble empêcher toute autoxydation de l'acroléine à la dose de $\frac{1}{200\,000}$, et l'on constate encore une certaine action retardatrice à la dose de $\frac{1}{1\,000\,000}$.

5. En outre des essais en tube barométrique, nous en avons exécuté aussi dans les conditions ordinaires de conservation des produits au laboratoire, c'est-à-dire en flacons bouchés sans précautions spéciales. Les résultats ont été trouvés semblables aux précédents, sauf toutefois qu'ici le phénomène parasite dont il a été question pouvait être négligé. C'est ainsi que de l'aldéhyde benzoïque, additionné de $\frac{1}{1000}$ d'hydroquinone et contenu dans un flacon à moitié rempli, qu'on débouchait de temps en temps, a été reconnu sensiblement inaltéré au bout de deux années, alors qu'un échantillon témoin était pris en masse (acide benzoïque).

6. Quelle peut être la durée de l'action protectrice ? Si aucun phénomène spécial ne se produit, si, en particulier, l'antioxygène demeure intact,

elle devrait être illimitée. En fait, ayant soigneusement éliminé par distillation l'acroléine de 1 litre de solution d'hydroquinone au millième dans cet aldéhyde, nous avons, après six mois, retrouvé le poids presque intégral de l'antioxygène inaltéré, et deux observations analogues, cette fois portant sur deux ans et sur deux ans et demi, ont été faites également avec l'aldéhyde benzoïque et avec le styrolène. Il est possible qu'à la longue l'antioxygène se transforme, par réaction chimique sur la substance autoxydable, surtout si de nouvelles quantités d'oxygène sont fréquemment amenées au contact du système. En tout cas, la transformation, si elle s'effectue, doit être très lente. Si nous ajoutons, d'autre part, que nous avons des résultats positifs fournis par des observations pratiques qui durent depuis déjà trois années, nous sommes autorisés à conclure que l'on peut, dans beaucoup de cas, considérer la conservation comme étant pratiquement indéfinie.

7. *Les antioxygènes et les phénomènes secondaires de l'autoxydation.* — On sait que, très souvent, les réactions d'autoxydation sont accompagnées de phénomènes secondaires, généralement liés à des condensations moléculaires, qui se manifestent par des colorations, des précipités, des épaississements, du rancissement, etc. En même temps que nos antioxygènes entravent la fixation d'oxygène, nous avons constaté, ainsi qu'on pouvait le prévoir, qu'ils entravent aussi la production de ces divers phénomènes. Ainsi le furfurol, au lieu de se colorer fortement en noir, demeure presque incolore ; l'acroléine ne se trouble plus par la précipitation de disacryle ; le styrolène reste fluide et ne donne plus la résine soluble dite *métastyrolène ;* l'huile de lin peut être exposée à l'air en couches minces sans perdre de sa fluidité (trois ans d'observations) ; le beurre conserve ses propriétés organoleptiques, et, d'une manière générale, les corps gras ne rancissent pas, etc.

8. *Mécanisme de l'action antioxygène.* — Nous nous sommes naturellement préoccupés de pénétrer le mécanisme de l'action antioxygène. Diverses hypothèses ont été envisagées, qui sont actuellement soumises au contrôle expérimental. Dès maintenant, étant donné que, d'une part, les antioxygènes agissent à très faible dose, et que, d'autre part, ils paraissent rester sensiblement intacts, il nous semble hors de doute que le phénomène est de nature catalytique. Et cette catalyse peut atteindre un degré d'activité considérable, puisque, comme on l'a vu plus haut, 1 partie d'hydroquinone protège 20000 parties d'acroléine, soit, en gros, 1 molécule d'antioxygène préservant 40000 molécules de corps autoxydable.

Quant aux modalités de l'action catalytique, des expériences variées sont

en cours, qui nous ont déjà donné d'utiles indications. Ayant été amenés à supposer que des substances autres que les phénols pouvaient avoir également la propriété antioxygène, nous avons reconnu, notamment, que la quinone jouissait de cette propriété.

D'ailleurs, l'étude du mécanisme de l'action antioxygène appelle aussi et surtout des expériences sur la généralité des matières autoxydables, tant minérales qu'organiques. Déjà nous avons envisagé de ce point de vue des corps extrêmement autoxydables, tels les cétènes (nos premiers résultats, effectués sur le diphénylcétène, ont été négatifs ; nous poursuivons les essais), le triphénylméthyle, les phosphines, etc. Déjà également nous sommes en mesure d'annoncer que des composés purement minéraux, comme le sulfite et même l'hydrosulfite de soude, sont sensibles à l'action des antioxygènes.

9. Une réflexion générale trouvera ici sa place. Les phénols, substances facilement autoxydables en liqueur alcaline, entravent, à des doses minimes et en l'absence d'alcalis, l'autoxydation d'autres substances, sans s'autoxyder sensiblement eux-mêmes. Et il est remarquable de voir ainsi des traces de pyrogallol, corps couramment employé comme réactif absorbant de l'oxygène, s'opposer à l'action de ce gaz.

C'est, en vérité, une catalyse bien curieuse que celle qui caractérise l'action antioxygène.

10. *Considérations biologiques.* — Étant donné l'intérêt primordial de l'autoxydation dans les phénomènes vitaux, nous avons de bonne heure envisagé la répercussion que pourraient avoir les faits et observations que nous venons de résumer sur quelques conceptions générales de la Biologie.

On remarquera, tout d'abord, que les êtres vivants contiennent des phénols. Mais, à ce point de vue, ils se séparent en deux catégories bien tranchées : ceux chez qui les phénols sont couramment répandus et ceux chez qui, au contraire, ils sont rares. Le premier groupe est constitué par les végétaux, où l'on rencontre, quelques-uns en abondance, les composés phénoliques les plus variés : mono- et polyphénols et leurs dérivés, parmi lesquels les tannins méritent une mention spéciale, en raison de leur dissémination très générale et de leurs proportions élevées. Les animaux constituent le second groupe : on y trouve, en effet, très peu de phénols, et toujours en minime proportion. Or, les végétaux sont précisément des êtres à vie ralentie, où les phénomènes d'autoxydation n'ont pas la même intensité que chez les animaux, et il est naturel de supposer que les phénols y jouent le rôle d'agents de protection contre une action trop vive de l'oxygène. Et

comment, au surplus, ne pas être frappé par le fait que les tannins, composés phénoliques très actifs, abondent de préférence dans les parties du végétal où la vie est le moins intense ?

Parmi les expériences que pouvait suggérer la considération du pouvoir antioxygène, la plus séduisante était, sans contredit, celle relative à l'autoxydation de l'hémoglobine, vecteur principal d'oxygène chez les animaux supérieurs. Nous avons effectué à ce propos de nombreux essais, d'abord sur le sang hémolysé, puis sur une liqueur résultant de l'hémolyse de globules rouges préalablement lavés avec une solution isotonique, et enfin sur des solutions d'hémoglobine purifiée par cristallisation. Les résultats ont été négatifs avec les divers phénols que nous avons mis en œuvre : phénol ordinaire, naphtols, pyrocatéchine, gaïacol, résorcine, hydroquinone, pyrogallol, acide gallique. L'hémoglobine, préalablement réduite par l'action du vide à 40°, a paru s'oxyder aussi facilement en présence qu'en l'absence de ces phénols. En répétant les alternatives de réduction et d'oxydation, nous avons constaté, en outre, qu'il y avait destruction mutuelle des phénols et de l'hémoglobine, les phénols semblant s'altérer beaucoup plus rapidement.

Faut-il conclure de ces essais que l'action des composés phénoliques sur l'autoxydation de l'hémoglobine est nulle ? On ne saurait l'affirmer. En effet, la vitesse d'autoxydation de l'hémoglobine est vraiment prodigieuse ; peut-être est-elle comparable à celle de la neutralisation d'un acide fort par une base forte ; et il est dès lors possible que l'action antagoniste des phénols soit trop lente pour pouvoir être perçue dans les conditions actuelles de nos expériences.

Quoi qu'il en soit, il est vraisemblable que les phénols doivent agir énergiquement sur quelque stade des processus d'oxydation chez les animaux supérieurs. L'on peut en voir une preuve dans leur toxicité, les phénols les plus actifs comme antioxygènes se trouvant être en même temps les plus toxiques, et les symptômes de l'intoxication rappelant généralement ceux de l'asphyxie.

N'est-ce pas également à l'action antioxygène que doit être rapporté le pouvoir antiseptique des phénols, qui agiraient peut-être sur les microbes en entravant les processus d'oxydation ?

Si l'on songe, d'autre part, aux doses extraordinairement faibles auxquelles peuvent agir parfois les antioxygènes (voir ci-dessus), on ne peut s'empêcher de rapprocher ces actions de celles des toxines et des venins, dont il en est qui causent la mort par asphyxie, ce qui laisse supposer qu'ils

agissent peut-être comme antioxygènes. Une telle manière de voir trouverait quelque appui dans le fait que la quinone, dont nous avons reconnu les propriétés antioxygènes, a été rencontrée dans certains venins.

Enfin, nous ne saurions omettre de souligner les conséquences qui peuvent résulter de la notion nouvelle d'antioxygène pour la Pharmacologie. Il est remarquable, en particulier, que les phénols sont des antithermiques, et sans doute le sont-ils parce qu'ils atténuent l'intensité des oxydations dans l'économie. N'y aurait-il pas là la clé de l'action physiologique des antithermiques en général? Il se trouve, en effet, que les antithermiques utilisés en thérapeutique sont des substances aromatiques, et l'on a constaté que les corps de cette série s'oxydaient dans l'organisme en donnant des composés phénoliques.

On voit ainsi que la connaissance de la propriété antioxygène des phénols sera peut-être de nature à modifier l'interprétation de certains effets thérapeutiques observés lors de l'administration des phénols. Dans cet ordre d'idées, l'on ne peut qu'être frappé des résultats favorables souvent obtenus par l'emploi de produits phénoliques (créosote, gaïacol et dérivés, etc.) dans le traitement d'une maladie qui touche précisément de très près aux processus d'oxydation de l'organisme, à savoir la forme pulmonaire de la tuberculose. Il appartiendra aux techniciens de rechercher si ces substances, en dehors de leur action antiseptique sur le bacille, n'agiraient pas en tempérant l'hyperactivité respiratoire.

PHYSIQUE. — *Sur la pression dans les fluides aimantés ou polarisés.* Note [1] de M. G. Gouy.

1. Considérons, dans le vide, un certain volume d'un fluide, dans un champ magnétique. M. Liénard a établi la formule

$$P = 2\pi I^2 \left(\frac{1}{\mu - 1} + \cos^2\theta\right) + \text{const.},$$

où P est la pression normale qu'exerce le fluide sur sa surface, I l'aimantion, $\theta$ l'angle qu'elle fait avec la normale et $\mu$ la perméabilité constante. L'hystérésis est supposée nulle, ainsi que la pesanteur [2].

---

[1] Séance du 23 janvier 1922.

[2] A. Liénard, *Pression à l'intérieur des aimants et des diélectriques* (*La Lumière électrique*, 1894). Les calculs de Duhem aboutissent au même résultat (*American Journal of Mathematics*, 1895, et *Journal de Physique*, 1900).

L'existence d'une pression variable avec la direction de la surface était une anomalie en Hydrostatique. Cette formule paraît avoir été admise sans objections; mais la démonstration, assez longue ([1]), est omise dans les ouvrages didactiques. Il est pourtant utile, dans un exposé rationnel de l'électrostatique, de se servir de l'expression analogue pour la polarisation diélectrique, qui, entre autres usages, permet de rendre compte des forces apparentes qui existent entre conducteurs électrisés, dans un milieu autre que le vide. J'ai donc cherché une démonstration qui, sans sacrifier la rigueur, fût assez facile pour être utilisée dans l'enseignement.

2. Soient un certain volume de liquide dans le champ, et A un point de sa surface. En un point éloigné de A, imaginons qu'un long tube capillaire relie cette masse à un réservoir R contenant le même liquide, et situé hors du champ. Si le tube est très fin, son aimantation induite ne trouble pas sensiblement l'aimantation de la masse liquide, sauf au voisinage du point d'attache.

Nous devons tenir compte de ce que la constitution et les propriétés des corps, aux distances de la surface inférieures à une très petite longueur $\lambda$, diffèrent plus ou moins de ce qu'elles sont dans la masse, et aussi du fait que les forces moléculaires sont sensibles dans ce petit intervalle.

Soient H et H' les forces du champ à l'intérieur et à l'extérieur, à la distance $\lambda$ de la surface; elles font avec la normale les angles $\theta$ et $\theta'$. Imaginons que nous détachons de la surface un disque ([2]) de petit rayon $r$ et d'épaisseur $\varepsilon$ petite vis-à-vis de $r$, mais grande vis-à-vis de $\lambda$, de telle sorte que les propriétés moyennes de la matière de ce disque ne diffèrent pas sensiblement de ce qu'elles sont loin de la surface. On pourra admettre, par exemple, $\varepsilon = 10^{\mu}$ et $r = 1^{\text{mm}}$; il faut alors qu'on puisse regarder, sur une étendue de quelques millimètres, la surface comme sensiblement plane et le champ comme sensiblement uniforme, c'est-à-dire que toute la figure ne doit pas être à trop petite échelle.

Pour détacher le disque et l'éloigner de quelques millimètres, sans changer son orientation, nous fournissons un travail $\tau_1$ :

$$\tau_1 = \pi r^2 \gamma,$$

---

([1]) Cela résulte surtout de la grande généralité des calculs, qui concernent les solides aussi bien que les fluides, et l'intérieur du corps comme sa surface.

([2]) Comme dans tous les raisonnements analogues, on admet qu'on peut, à volonté, solidifier le liquide sans changer en rien les forces moléculaires et magnétiques.

$\gamma$ étant un coefficient qui exprime l'action des forces moléculaires de tout genre.

Le champ extérieur $H'$ n'est pas altéré; à l'intérieur du disque le champ a pour composantes normale et tangentielle $\frac{1}{\mu} H' \cos\theta'$ et $H' \sin\theta'$. Mais on a les relations connues :

$$(1) \qquad H' \cos\theta' = \mu H \cos\theta; \qquad H' \sin\theta' = H \sin\theta.$$

Par suite, le disque a conservé son aimantation primitive.

Laissons le disque s'orienter parallèlement à $H'$; en appelant $\alpha$ l'angle que fait à chaque instant $H'$ avec la normale au disque, le couple qui agit sur lui est, en appelant $\varkappa$ la susceptibilité,

$$\varkappa \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) \pi r^2 \varepsilon H'^2 \sin\alpha \cos\alpha.$$

Nous fournissons ainsi le travail $\tau_2$

$$\tau_2 = -\varkappa \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) \pi r^2 \varepsilon H'^2 \int_{\theta'}^{\frac{\pi}{2}} \sin\alpha \cos\alpha \, d\alpha = -\frac{\varkappa}{2} \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) \pi r^2 \varepsilon H'^2 \cos^2\theta'.$$

Nous éloignons ensuite le disque jusqu'au réservoir R, en le laissant à chaque instant s'orienter librement; nous fournissons le travail $\tau_3$

$$\tau_3 = \frac{\varkappa}{2} \pi r^2 \varepsilon H'^2.$$

Nous appliquons ensuite le disque sur la surface du liquide dans R, en fournissant le travail $\tau_4$

$$\tau_4 = -\pi r^2 \gamma',$$

$\gamma'$ étant un coefficient que nous supposons provisoirement différent de $\gamma$, parce que la surface en R n'est pas aimantée.

Pour fermer le cycle, il ne reste plus qu'à faire avancer de $\varepsilon$ l'élément de surface où nous avons détaché le disque; nous fournissons le travail $\tau_5$

$$\tau_5 = -\pi r^2 \varepsilon P.$$

Le cycle étant isotherme et réversible, on a

$$\tau_1 + \tau_2 + \tau_3 + \tau_4 + \tau_5 = 0,$$

d'où

$$P = \frac{\varkappa}{2} H'^2 \left[1 - \left(1 - \frac{1}{\mu}\right) \cos^2\theta'\right] + \frac{\gamma - \gamma'}{\varepsilon}.$$

Comme P ne peut dépendre de $\varepsilon$ ([1]), on a $\gamma = \gamma'$, et il vient, d'après (1),

$$(2) \qquad P = \frac{\chi}{2} H^2[1 + (\mu - 1)\cos^2\theta] = 2\pi I^2\left(\frac{1}{\mu - 1} + \cos^2\theta\right),$$

à une constante près.

3. Pour un diélectrique, I est la polarisation, et le pouvoir inducteur K remplace la perméabilité $\mu$.

Si nous remarquons que

$$I\cos\theta = \sigma',$$

$\sigma'$ étant la densité de la couche électrique fictive qui équivaut à la polarisation pour le potentiel, l'expression de P devient

$$(3) \qquad P = \frac{2\pi I^2}{K - 1} + 2\pi\sigma'^2 = \text{const.}$$

Le terme dépendant de l'orientation n'est autre que la *pression électrique* que produirait la couche fictive $\sigma'$ sur un conducteur, ce qui explique le paradoxe hydrostatique.

Il en résulte donc que, pour un liquide incompressible, polarisé *uniformément*, ce terme seul rend compte des forces qui tendent à le déformer.

Si la polarisation n'est pas uniforme, il faut en outre tenir compte du terme $\frac{2\pi I^2}{K - 1}$ pour calculer la déformation.

4. S'il s'agit d'un gaz, $K - 1$ est très petit, et $I^2$ du second ordre; l'expression de P se réduit à

$$(4) \qquad P = \frac{K - 1}{8\pi} F^2 + \text{const.}$$

La pression exercée par le gaz étant plus grande dans le champ F qu'au dehors, et les forces intermoléculaires étant regardées comme négligeables dans les gaz peu comprimés, il faut que le nombre des molécules dans l'unité de volume s'augmente dans le même rapport; en d'autres termes, la densité du gaz doit varier avec la pression P suivant la loi de Mariotte. C'est le phénomène qui a reçu le nom impropre de *contraction électrique* des gaz, et qui est en réalité une *compression électrique* ([2]).

---

([1]) Le raisonnement suppose que $\varepsilon$ est toujours grand vis-à-vis de $\lambda$. Cela nous oblige à limiter la démonstration au cas où les rayons de courbure de la surface sont assez grands, et où le champ varie lentement d'un point à un autre. On peut diminuer beaucoup la portée de ces restrictions, mais les développements nécessaires ne peuvent trouver place dans cette Note.

([2]) Le terme de *contraction* évoque l'idée d'une diminution de volume due à une

Il est facile, du reste, de montrer que les molécules gazeuses sont réellement attirées vers le champ. Considérons un récipient fermé qui contient deux gaz 1 et 2 superposés. Un condensateur à armatures verticales y est placé et reçoit une charge déterminée.

En écrivant que l'énergie totale (électrostatique et gravifique) est un minimum, on trouve que la surface de séparation des gaz n'a pas le même niveau entre les armatures et au dehors, et que la différence $h$ est, en faisant usage des unités électrostatiques :

$$(5)\qquad h = \frac{1}{g}\,\frac{V^2}{8\pi e^2}\,\frac{K_1 - K_2}{\delta_1 - \delta_2} = \frac{F^2}{8\pi g}\,\frac{K_1 - K_2}{\delta_1 - \delta_2}.$$

Le niveau est plus élevé entre les armatures si le gaz le plus lourd possède le plus grand pouvoir inducteur, ce qui est le cas le plus fréquent.

Il faut donc nécessairement que les molécules gazeuses soient attirées vers le champ, suivant leur pouvoir diélectrique; cette attraction se produit dans la région où le champ n'est pas uniforme, et il en résulte l'accroissement de pression ([1]).

Admettons, au contraire, que cette attraction n'existe pas, et que l'effet appelé « contraction électrique des gaz » résulte de forces intermoléculaires créées par l'action du champ. Alors c'est le gaz qui possède à la fois la plus grande densité et le plus grand pouvoir inducteur qui subira le plus fort accroissement de densité, et le niveau devra s'abaisser entre les armatures, contrairement à la réalité énergétique ([2]).

5. L'application la plus importante de l'expression de P est le problème des forces apparentes agissant sur des conducteurs électrisés, placés dans un diélectrique autre que le vide. On s'est contenté souvent de prendre

---

action interne; c'est ainsi qu'on parle de la contraction d'un solide par le froid. C'est en effet cette idée qui s'est présentée tout d'abord, étant toute naturelle quand on ne songeait pas à l'accroissement de pression dans le champ.

Le calcul fondé sur la loi de Mariotte est bien d'accord avec l'expression connue de la diminution du volume.

([1]) Comme vérification, il résulte de la formule (4) que, à niveau constant, la pression entre les armatures est plus grande qu'au dehors de $\frac{K_1 - 1}{8\pi} F^2$ pour le gaz 1, et de $\frac{K_2 - 1}{8\pi} F^2$ pour le gaz 2; la dénivellation $h$ de l'équation (5) en résulte immédiatement.

([2]) On voit de plus qu'avec un seul gaz l'équilibre serait impossible, puisque la densité serait plus grande entre les armatures qu'au dehors : d'où une circulation continue inadmissible.

comme définition du diélectrique la propriété que, à charges données, ces forces apparentes (regardées comme les forces électriques réelles), y sont K fois plus petites que dans le vide. Le crédit acquis par les hypothèses moléculaires et électroniques a rendu cette position intenable. Du moment qu'on admet l'existence réelle de particules électriques placées dans le vide, c'est à travers le vide que se transmettent les forces électriques, et l'on ne peut comprendre qu'elles n'aient pas partout la même valeur.

En effet, on rend bien compte des faits d'expérience en admettant qu'il en est ainsi. J'ai traité la question à l'apparition de la formule de Liénard ([1]); la forme de cette solution peut être simplifiée de la manière suivante.

6. Considérons des conducteurs électrisés placés dans un diélectrique liquide illimité. Pour rendre le raisonnement plus clair, nous pouvons imaginer que chacun d'eux est séparé du diélectrique par un intervalle vide, très petit et invariable.

Dans le diélectrique polarisé, considérons la portion comprise entre deux surfaces équipotentielles voisines; c'est un feuillet diélectrique fermé, de puissance constante, qui, comme tel, ne produit de champ que dans son épaisseur. Il en résulte que la polarisation du diélectrique entier ne produit aucun champ sur les conducteurs. Par suite :

1° La distribution sur chacun des conducteurs est la même que dans le vide ;

2° Les forces électriques qui agissent sur les conducteurs sont les mêmes que dans le vide.

Ces forces électriques peuvent s'exprimer par la pression $2\pi\sigma^2$ à la surface de chaque conducteur, dirigée vers l'extérieur, $\sigma$ étant la densité de la charge réelle. Il faut, de plus, tenir compte de la pression hydrostatique P, qui est normale à la surface et dirigée vers l'intérieur. Ici $\theta = 0$, et, par suite,

$$P = 2\pi I^2 \frac{K}{K-1}.$$

On a donc, appliquée à l'unité de surface du conducteur, une force normale $\varphi$,

$$\varphi = 2\pi\sigma^2 - 2\pi I^2 \frac{K}{K-1}.$$

([1]) *Sur les attractions et répulsions apparentes des conducteurs électrisés dans un diélectrique fluide* (*Comptes rendus*, 1895); *Sur le rôle des milieux diélectriques en électrostatique* (*Journal de Physique*, 1896).

D'après un théorème connu, la force du champ dans le diélectrique, près du conducteur, est $\frac{4\pi\sigma}{K}$; par suite,

$$l = \varkappa \frac{4\pi\sigma}{K} = \frac{K-1}{K}\sigma, \qquad \varphi = \frac{2\pi\sigma^2}{K}.$$

Ainsi, en regardant les forces électriques réelles qui s'exercent entre les charges des conducteurs, comme les mêmes dans le diélectrique et dans le vide, on trouve que les forces apparentes sont K fois plus petites dans le diélectrique, comme l'indique l'expérience, l'écart étant dû à la pression hydrostatique exercée par le diélectrique.

M. **Charles Richet** fait hommage à l'Académie d'un Ouvrage de M. **L. Bianchi**, intitulé : *La mécanique du cerveau et la fonction des lobes frontaux*, traduit par MM. André Collin et Sanguinetti et dont il a écrit la *Préface*.

M. **Paul Janet** s'exprime en ces termes :

J'ai l'honneur de faire hommage à l'Académie du Tome II de la cinquième édition de mes *Leçons d'Électrotechnique générale*. Ce Volume est consacré à l'étude générale des courants alternatifs. Je me permets de signaler, en particulier, un certain nombre d'additions sur la propagation des ondes isolées dans les lignes et un Chapitre nouveau sur la propagation des courants alternatifs dans les conducteurs cylindriques.

## ÉLECTIONS.

L'Académie procède, par la voie du scrutin, à l'élection d'un Membre de la Division des Académiciens libres, en remplacement de M. *J. Carpentier*, décédé.

Au premier tour de scrutin, le nombre de votants étant 68,

| | | |
|---|---|---|
| M. Maurice d'Ocagne | obtient. . . . . . . | 20 suffrages |
| M. Paul Séjourné | » . . . . . . . | 19 » |
| M. Alexandre Desgrez | » . . . . . . . | 18 » |
| M. Maurice de Broglie | » . . . . . . . | 9 » |
| M. Jean Charcot | » . . . . . . . | 2 » |

Au second tour de scrutin, le nombre de votants étant 68,

| | | |
|---|---|---|
| M. Maurice d'Ocagne | obtient . . . . . | 24 suffrages |
| M. Paul Séjourné | » . . . . . | 20 » |
| M. Alexandre Desgrez | » . . . . . | 19 » |
| M. Maurice de Broglie | » . . . . . | 3 » |
| M. Jean Charcot | » . . . . . | 2 » |

Au troisième tour de scrutin, le nombre de votants étant 68,

| | | |
|---|---|---|
| M. Maurice d'Ocagne | obtient. . . . . | 24 suffrages |
| M. Paul Séjourné | » . . . . . | 24 » |
| M. Alexandre Desgrez | » . . . . . | 20 » |

Au quatrième tour de scrutin, limité aux candidats qui n'en ont point deux autres supérieurs en suffrages, savoir : MM. Maurice d'Ocagne et Paul Séjourné, le nombre de votants étant 68,

| | | |
|---|---|---|
| M. Maurice d'Ocagne obtient | . . . . . . . | 35 suffrages |
| M. Paul Séjourné | » . . . . . . | 32 » |

Il y a un bulletin nul.

M. **Maurice d'Ocagne**, ayant réuni la majorité des suffrages, est proclamé élu.

Son élection sera soumise à l'approbation de M. le Président de la République.

## CORRESPONDANCE.

M. **Edmond Bauer** (en son nom et en celui de M. **Marcel Moulin**), M. **G.-A. Hemsalech** adressent des Rapports relatifs à l'emploi qu'ils ont fait des subventions qui leur ont été accordées sur le *Fonds Bonaparte*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° *Travaux du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Lyon*, publiés sous la direction de F. Roman. Fascicule I : *La montagne de Crussol, étude stratigraphique et paléontologique*, par Attale Riche et Frédéric Roman. (Présenté par M. Ch. Depéret.)

2° Le premier fascicule de la *Revue d'optique théorique et instrumentale*, publiée sous les auspices de l'Institut d'optique théorique et appliquée et du Syndicat patronal des constructeurs d'instruments d'optique et de précision. (Présenté par M. H. Deslandres.)

3° *Ophidia taprobanica or the snakes of Ceylon*, by Frank Wall.

4° *Précis de Muséologie pratique*, par A. Loir et H. Legangneux.

M. Ch. **Hervieux** adresse des remercîments pour la subvention qui lui a été accordée sur la *Fondation Loutreuil*.

## ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur un théorème de M. Montel.* Note de M. **Th. Varopoulos.**

1. Dans une Note récemment publiée [1], M. Montel, en généralisant la proposition classique de M. Landau, a énoncé le théorème suivant :

*Soit une fonction $f(x)$ homologue autour de l'origine $x = 0$*

$$f(x) = a_0 + a_1 x + a_2 x^2 + \ldots + a_{p+1} x^{p+1} + \ldots,$$

*où $a_{p+1} \neq 0$, il existe un nombre R ne dépendant que de $a_0, a_1, \ldots, a_{p+1}$ tel que dans tout cercle de rayon supérieur à R ou bien la fonction $f(x)$ cesse d'être holomorphe ou bien cette fonction prend dans le cercle plus que p fois l'une au moins des valeurs zéro et un.*

2. J'ai cherché à étendre ce théorème aux fonctions qui sont multiformes dans le voisinage du point $x = 0$ et j'ai obtenu les résultats suivants :

Théorème. — *Soit une fonction $f(x)$ définie par une équation de la forme*

$$u^n + A_1(x) u^{n-1} + \ldots + A_{n-1}(x) u + A_n(x) = 0.$$

*Si la fonction*

$$\mu(x) = -\frac{A_n(x)}{A_1(x) + A_2(x) + \ldots + A_{n-1}(x) + 1}$$

*est régulière autour de l'origine $x = 0$ et si nous avons $\int \frac{\mu(x)\,dx}{x^{p+2}} \neq 0$ pour $x = 0$, il existe un nombre R, ne dépendant que de $p + 2$ nombres bien déterminés, tel que dans tout cercle de rayon supérieur à R ou bien la fonction $f(x)$ prend plus de p fois l'une au moins des valeurs zéro et un, ou bien il existe dans le cercle un zéro de la fonction $A_1(x) + A_2(x) + A_3(x) + \ldots + A_{n-1}(x) + 1$.*

---

[1] *Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 143.

Nous ne faisons aucune hypothèse particulière sur les fonctions $A_i(x)$ qui peuvent même ne pas être holomorphes autour de l'origine.

Il y a là une généralisation du théorème de M. Montel concernant une classe de fonctions non régulières en $x = 0$.

3. Supposons maintenant que les coefficients $A_i(x)$ sont des fonctions entières, et soit

$$A_i(x) = a_i + b_i x + c_i x^2 + \ldots,$$

si $u_0$ n'est pas une racine du polynome

$$u^{n-1} + a_1 u^{n-2} + \ldots + a_{n-1},$$

alors la fonction

$$\mu(x) = -\frac{A_n(x)}{u_0^n + A_1(x) u_0^{n-1} + \ldots + A_{n-1} u_0}$$

sera régulière en $x = 0$, et si pour $x = 0$ nous avons $\int \frac{\mu(x)\,dx}{x^{p+2}} \neq 0$, en vertu du théorème de M. Montel, il existe un nombre R dépendant de $n(p+2)+2$ nombres bien déterminés tel que dans tout cercle $|x| > R$ notre fonction $f(x)$ prend plus de $p$ fois l'une au moins des valeurs zéro et $u_0$ ou bien la fonction définie par l'équation

$$u^{n-1} + A_1(x) u^{n-2} + \ldots + A_{n-1}(x) = 0$$

prend la valeur $u_0$.

## ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les zéros de certaines fonctions.* Note de M. A. Angelesco, présentée par M. Appell.

Dans cette Note nous nous proposons de généraliser la théorie des polynomes orthogonaux, en ce qui concerne leurs zéros.

Considérons une suite de nombres réels, tous différents,

$$(1) \qquad \mu_0, \quad \mu_1, \quad \mu_2, \quad \ldots,$$

deux nombres *positifs* $a$ et $b$ $(a < b)$ et une fonction $K(x)$ positive pour $x$ compris dans l'intervalle $(a, b)$.

Théorème. — *Si une fonction $f(x)$, continue dans l'intervalle $(a, b)$, satisfait aux $n$ conditions*

$$(2) \qquad \int_a^b K(x)\, x^{\mu_i} f(x)\, dx = 0 \qquad (i = 0, 1, 2, \ldots, n-1),$$

*alors l'équation $f(x) = 0$ a au moins $n$ racines réelles et distinctes dans l'intervalle $(a, b)$.*

En effet, de la condition (2) pour $i=0$ il résulte que $f(x)$ change de signe dans l'intervalle d'intégration; $f(x)$ a donc une racine que nous désignons par $r_1$. Déterminons alors la constante C de manière que l'équation

$$x^{\mu_0}+Cx^{\mu_1}=0$$

ait pour racine $r_1$. Comme cette équation ne peut avoir d'autres racines positives et que son premier membre change de signe quand $x$ passe par la valeur $r_1$, il résulte des conditions (2) pour $i=0$ et $i=1$ que l'équation $f(x)=0$ doit avoir une autre racine $r_2$ dans l'intervalle $(a, b)$. De proche en proche, en remarquant toujours que l'équation

$$x^{\mu_0}+C_1x^{\mu_1}+\ldots+C_sx^{\mu_s}=0$$

qui a pour racines les $s$ quantités $r_1, r_2, \ldots, r_s$ ne peut avoir d'autres racines positives (¹) et que son premier membre change de signe quand $x$ traverse les valeurs $r_1, r_2, \ldots, r_s$, on établit le théorème énoncé.

*Remarque.* — Considérons l'équation intégrale de première espèce

$$\int_a^b K(x)\,x^y\,\varphi(x)\,dx=\psi(y).$$

Il résulte de notre théorème que si la fonction $\psi(y)$ a $n$ zéros réels, la fonction $\varphi(x)$ aura $n$ zéros dans l'intervalle $(a, b)$.

*Fonctions biorthogonales.* — Soit encore la suite, analogue à la suite (1),

$$\lambda_0,\quad \lambda_1,\quad \lambda_2,\quad \ldots.$$

On peut déterminer les $n$ constantes $a_1, a_2, \ldots, a_n$, et d'une seule manière, telles que si

$$P_{\lambda_n}=x^{\lambda_n}+a_1x^{\lambda_{n-1}}+\ldots+a_nx^{\lambda_0}, \tag{3}$$

on ait

$$\int_a^b K(x)\,x^{\mu_i}P_{\lambda_n}\,dx=0 \qquad (i=0, 1, \ldots, n-1). \tag{4}$$

Il ne peut y avoir indétermination, car si l'on avait deux fonctions $P_{\lambda_n}$ de la forme (3) satisfaisant aux conditions (4), on en déduirait qu'une fonction de la forme

$$R_{\lambda_n}=c_1x^{\mu_{n-1}}+c_2x^{\mu_{n-1}}+\ldots+c_nx^{\mu_0}$$

y satisfait aussi. Donc, d'après le théorème précédent, l'équation $R_{\lambda_n}=0$

(¹) Voir Laguerre, *Sur la théorie des équations numériques* (*Œuvres*, t. 1, p. 4).

aurait $n$ racines positives dans l'intervalle $(a, b)$, ce qui est impossible [1].

Déterminons de même la fonction de la forme

$$P_{\mu n} = x^{\mu_n} + b_1 x^{\mu_{n-1}} + \ldots + b_n x^{\mu_0}$$

par les $n$ conditions

$$\int_a^b K(x) x^{\lambda_i} P_{\mu n}\, dx = 0 \qquad (i = 0, 1, \ldots, n-1).$$

On voit alors immédiatement que

$$\int_a^b K(x) P_{\lambda n} P_{\mu m}\, dx = 0,$$

si $m$ est différent de $n$, et que l'intégrale

$$\int_a^b K(x) P_{\lambda n} P_{\lambda n}\, dx$$

est différente de zéro.

*Polynomes de Laguerre.* — Considérons, pour faire une application simple, l'intégrale

$$I(y) = \int_0^\infty e^{-x} x^{y-1} A(x)\, dx,$$

où $y > 0$ et

$$A(x) = x^n + \alpha_1 x^{n-1} + \alpha_2 x^{n-2} + \ldots + \alpha_n.$$

A l'aide de l'intégrale qui définit la fonction $\Gamma$, on voit que

$$I(y) = \Gamma(y)[y(y+1)\ldots(y+n-1) + \alpha_1 y(y+1)\ldots(y+n-2) + \ldots + \alpha_n].$$

Désignons par $B(y)$ le polynome entre crochets du second membre. Comme $\Gamma(y)$ ne peut s'annuler, il résulte de notre théorème que si l'équation $B(x) = 0$ a $p$ racines positives distinctes, l'équation $A(x) = 0$ aura au moins $p$ racines positives distinctes. En particulier, si l'équation $B(x) = 0$ a pour racines les $n$ nombres $\lambda + 1, \lambda + 2, \ldots, \lambda + n$, où $\lambda > 0$, donc

$$\begin{aligned}(x-\lambda-1)(x-\lambda-2)\ldots(x-\lambda-n) \\ = x(x+1)\ldots(x+n-1) + \alpha_1 x(x+1)\ldots(x+n-2) + \ldots + \alpha_n,\end{aligned}$$

l'équation $A(x) = 0$ aura toutes ses racines réelles, distinctes et positives.

---

[1] *Loc. cit.*

De l'identité $u^{\lambda+n-x} = u^{\lambda+n} u^{-x}$, par différentiations, on déduit l'identité

$$\begin{aligned}&(x-\lambda-1)(x-\lambda-2)\ldots(x-\lambda-n)\\ &\quad = x(x+1)\ldots(x+n-1) - (\lambda+n)C_n^1 x(x+1)\ldots(x+n-2) + \ldots\\ &\qquad + (-1)^n(\lambda+n)(\lambda+n-1)\ldots(\lambda+1);\end{aligned}$$

donc

$$\begin{aligned}A(x) = x^n - (\lambda+n)C_n^1 x^{n-1} + (\lambda+n)(\lambda+n+1)C_n^2 x^{n-2} - \ldots\\ + (-1)^n(\lambda+n-1)\ldots(\lambda+1).\end{aligned}$$

Pour $\lambda = 0$ on a le polynome de Laguerre du degré $n$.

Nous nous proposons de revenir sur ces questions et d'autres analogues dans un travail plus étendu.

ANALYSE MATHÉMATIQUE. — *Sur les équations différentielles du premier ordre à points critiques fixes.* Note de M. **Armand Cahen**, présentée par M. Appell.

Soit

$$F(y', y, x) \equiv y'^2 - 2M(y, x)y' + N(y, x) = 0 \tag{1}$$

une équation différentielle à points critiques fixes de *genre zéro*, où M et N désignent des polynomes en $y$ de degrés 2 et 4 au plus, et $D(x, y) \equiv M^2 - N$ le discriminant. $D(x, y)$ est au plus du $4^e$ degré et admet toujours une racine multiple $y(x)$.

*Premier cas.* — Cette racine $y = k(x)$ est *double*. Les deux racines simples $y = g(x)$, $y = h(x)$ sont des intégrales *singulières*. On sait que, dans ces conditions, l'équation (1) se ramène *algébriquement* à une *équation de Riccati*, dont on ne connaît *a priori* aucune solution. Une forme canonique de l'équation (1) est donnée par

$$\frac{dY}{dX} = Y + \theta(x)(Y-1)\sqrt{Y}. \tag{2}$$

J'ajouterai les deux remarques suivantes, faciles à établir :

1° $y = k(x)$ est effectivement un *lieu des contacts* des intégrales particulières, du moment que $y = k(x)$ n'est pas solution (ordinaire) de l'équation différentielle.

2° Il est impossible que les deux racines simples soient en même temps solutions ordinaires. Si cela a lieu pour l'une d'elles, on connaîtra *a priori* une solution de l'*équation de Riccati* et l'intégration s'achèvera à l'aide de *deux quadratures*.

*Deuxième cas.* — Supposons de plus que la racine double $y = k(x)$ soit intégrale de l'équation (1). Ce sera une intégrale *ordinaire*, qu'on pourra obtenir à l'aide de deux valeurs différentes de la constante arbitraire. Faisons la transformation

(3) $$Y = \frac{\lambda(x)[y - g(x)]}{y - h(x)}.$$

On peut disposer de $\lambda(x)$ de façon que l'équation transformée s'écrive

(4) $$\frac{dY}{dx} = \theta(x)(Y - 1)\sqrt{Y}.$$

Posons $Y = Z^2$ (1), d'où

(5) $$2\frac{dz}{dx} = \theta(x)(z^2 - 1).$$

On connaît ici deux solutions $z = +1$ et $z = -1$ de l'équation de Riccati. Elle s'intègre [et par suite aussi l'équation (1) donnée] *à l'aide d'une seule quadrature.* Son intégrale est donnée par

$$C\frac{z - 1}{z + 1} = e^{\int \theta(x)\,dx},$$

et en posant $e^{\int \theta(x)\,dx} = X$, on obtient

(6) $$Y = \left(\frac{C + X}{C - X}\right)^2.$$

Ici, $Y = 0$, $Y = \infty$ sont les deux solutions singulières; $Y = 1$ (racine double du discriminant transformé) est une solution *particulière*, correspondant aux deux valeurs $C = 0$, $C = \infty$ de la constante arbitraire. Les courbes (6) passent par le point fixe ($X = \infty$, $Y = 1$). Elles sont tangentes en ce point. La tangente commune $Y = 1$ n'est pas un *lieu de contacts.*

*Troisième cas.* — $D = 0$ admet une racine *triple* $y = g(x)$ et une racine *simple* $y = h(x)$. A l'aide de la transformation (3), on obtient

(7) $$\frac{dY}{dx} = b(x)Y + a(x)Y\sqrt{Y}$$

ou, en posant $Y = \frac{1}{z^2}$,

(8) $$-2\frac{dz}{dx} = a(x) + b(x)z.$$

---

(1) Cf. Painlevé, *Leçons de Stockholm*, p. 61-62.

L'équation de Riccati se réduit à une équation *linéaire* dont l'intégration (et par suite celle de l'équation donnée) s'obtient à l'aide de deux quadratures. Alors $Y = \infty$ est solution singulière de

$$Y = \left[\frac{1}{C\rho(x) + \rho_1(x)}\right]^2.$$

On peut disposer du coefficient $\lambda(x)$ de la substitution (3) de manière à annuler $b(x)$; puis du changement de variable indépendante $x = \varphi(X)$ pour ramener l'intégrale à la forme

$$Y = \left(\frac{1}{x + C}\right)^2$$

ou, en changeant C en $\frac{1}{C}$, à la forme

$$(9) \qquad Y = \left(\frac{C}{CX + 1}\right)^2 \qquad [\text{avec } Y'^2 = 4Y^3].$$

Cette dernière forme (9) est citée dans l'*Encyclopédie mathématique* (édition française) (II, 15, p. 32) comme exemple d'équation différentielle *algébrique* pour laquelle l'intégrale générale peut être *algébrique*, sans qu'il existe ni *lieux de rebroussement*, ni *enveloppe* (intégrale singulière). Cela est exact pour les rebroussements, mais non pour l'intégrale singulière, car une équation à points critiques fixes de genre zéro possède au moins une intégrale singulière.

Dans l'exemple (9) cette intégrale est $Y = \infty$; autrement dit, si l'on pose $Y = \frac{1}{Y_1}$, les relations (9) deviennent

$$(10) \qquad Y_1 = (X + C)^2 \qquad [Y_1'^2 = 4Y_1],$$

et $Y_1 = 0$ est solution singulière de (10) [enveloppe des courbes $Y_1 = (X + C)^2$].

D'autre part, $Y = 0$, solution particulière de (7), est racine triple du discriminant; comme dans le cas précédent, $Y = 0$ n'est pas un lieu de contacts. Toutes les courbes (9) sont tangentes au point fixe $(X = 0, Y = 0)$. La tangente commune (asymptote) en ce point est $Y = 0$.

ALGÈBRE. — *Sur le développement en fraction continue des nombres algébriques.* Note [1] de M. **Auric.**

Considérons un nombre algébrique $\omega$ racine d'une équation du second degré à coefficients entiers

$$Ax^2 + Bx + C = 0.$$

Si l'on développe en fraction continue ordinaire en prenant pour les deux premiers termes initiaux

$$a_0 = 1, \qquad a_1 = \omega,$$

on obtiendra la suite représentative

$$a_0, \quad a_1, \quad a_2, \quad a_3, \quad \ldots, \quad a_i, \quad \ldots \qquad (\lim a_n = 0).$$

Si l'on a posé

$$a_{i-1} = \lambda_i a_i - a_{i+1},$$

on sait que la suite des $\lambda_i$ deviendra périodique à partir d'un certain indice $h$ et l'on aura, pour tout indice $m > h$,

$$\frac{a_m}{a_{m+k}} = \varepsilon,$$

$k$ étant un indice fixe (nombre de termes de la période du développement ou multiple de ce nombre) et $\varepsilon$ une unité algébrique dans le corps obtenu par l'adjonction du nombre $\omega$.

On aura la relation

$$a_n = Q_n^0 a_1 - Q'_n a_0$$

et, comme $a_n$ tend vers zéro, $\frac{Q_n^0}{Q'_n}$ sera évidemment une valeur approchée de $\frac{a_0}{a_1}$.

La généralisation de ces résultats dans le cas d'une équation du troisième degré s'obtient immédiatement en appliquant la méthode que nous avons indiquée dans une précédente Communication.

Soit l'équation à coefficients entiers

$$Ax^3 + Bx^2 + Cx + D = 0$$

dont on considère les deux racines $\omega$, $\omega'$.

---

[1] Séance du 23 janvier 1922.

Effectuons le double développement en fraction continue en posant

$$a_0 = 1, \qquad a_1 = \omega, \qquad a_2 = \omega^2;$$
$$b_0 = 1, \qquad b_1 = \omega', \qquad b_2 = \omega'^2;$$

on obtiendra les deux suites représentatives

$$a_0, \quad a_1, \quad a_2, \quad a_3, \quad \ldots, \quad a_i, \quad a_{i+1}, \quad \ldots \qquad (\lim a_n = 0),$$
$$b_0, \quad b_1, \quad b_2, \quad b_3, \quad \ldots, \quad b_i, \quad b_{i+1}, \quad \ldots \qquad (\lim b_n = 0).$$

Si l'on a posé

$$a_i - \lambda_{i+1} a_{i+1} + \mu_{i+2} a_{i+2} - a_{i+3} = 0,$$
$$b_i - \lambda_{i+1} b_{i+1} + \mu_{i+2} b_{i+2} - b_{i+3} = 0,$$

les suites des entiers $\lambda_i$ et $\mu_i$ deviendront respectivement périodiques à partir d'un certain indice $h$ et l'on aura pour un indice fixe $k$ (dépendant du nombre des termes de la période) et pour $m > h$

$$\frac{a_m}{a_{m+k}} = \varepsilon, \qquad \frac{b_m}{b_{m+k}} = \varepsilon',$$

$\varepsilon$ et $\varepsilon'$ étant des unités algébriques dans le corps obtenu par l'adjonction des deux racines $\omega$ et $\omega'$.

On aura en outre les relations

$$a_n = Q_1^n a_0 + Q_2^n a_1 + Q_0^n a_2,$$
$$b_n = Q_1^n b_0 + Q_2^n b_1 + Q_0^n b_2,$$

qui constituent des solutions approchées des équations à coefficients entiers

$$p_0 + p_1 \omega + p_2 \omega^2 = 0,$$
$$p_0 + p_1 \omega' + p_2 \omega'^2 = 0.$$

C'est précisément parce qu'on a cherché le trinome

$$p_0 + p_1 x + p_2 x^2$$

dont la valeur devient minimum pour les deux racines $\omega$ et $\omega'$, qu'on a obtenu un développement périodique; il fallait l'introduction de deux racines daus le calcul pour réaliser ce résultat et, comme il existe une troisième racine $\omega''$, on pourra de trois façons différentes obtenir des développements périodiques.

Rappelons que si $\omega$ est racine d'une équation du troisième degré, on aura en prenant quatre termes initiaux

$$a_0 = 1, \qquad a_1 = \omega, \qquad a_2 = \omega^2, \qquad a_3 = \omega^3$$

un développement représentatif limité

$$a_0, \quad a_1, \quad a_2, \quad a_3, \quad \ldots, \quad a_{n-1}, \quad a_n = 0.$$

Ces résultats se généralisent sans aucune difficulté.

GÉOMÉTRIE. — *Sur les surfaces telles que les axes des cercles osculateurs à une famille de lignes de courbure appartiennent à un complexe linéaire* (1). Note (2) de M. **R. Jacques**, présentée par M. G. Kœnigs.

Soit S une surface possédant la propriété indiquée. Les variables peuvent être choisies de façon que le réseau $C_2$ décrit par le deuxième centre de courbure soit caractérisé par le fait que sa première tangente décrive une congruence appartenant à un complexe linéaire et que sa deuxième tangente décrive une congruence de normales.

Nous projetterons le réseau $C_2$ sur un plan perpendiculaire à l'axe du complexe. La congruence formée par les premières tangentes au réseau $C_2$ ainsi obtenu est une congruence $L_{00}$, celle qui est formée par les deuxièmes tangentes est une congruence H. Par suite, un réseau O, plan conjugué à cette congruence se transformera par la méthode de Laplace, en allant de $u$ vers $v$, en un réseau qui, conjugué à une congruence $L_{00}$, sera un réseau $\Omega_{00}$.

Inversement, tout réseau O plan qui se transforme en un réseau $\Omega_{00}$ donne des solutions du problème.

En effet, désignons par M un tel réseau et par R le réseau dérivé correspondant. R étant $\Omega_{00}$ il existe une infinité simple de congruences $L_{00}$ qui lui sont conjuguées. Soit $g$ l'une d'elles, la congruence $k$ qui en dérive par la méthode de Laplace, conjuguée au réseau M qui est O, est une congruence H.

A cette congruence $k$, on peut faire correspondre une infinité de congruences de normales dont elle est la projection. Si K est l'une de ces congruences, la congruence G qui en dérive est projetée suivant $g$ qui est $L_{00}$.

M. Guichard a établi, dans son cours, que, dans ces conditions, il existe une congruence parallèle à G qui appartient à un complexe linéaire. La congruence dérivée par la méthode de Laplace est parallèle à la congruence de normales K. On obtient ainsi une solution du problème.

Il suffit donc d'exprimer qu'un réseau O plan se transforme par la méthode de Laplace en allant de $u$ vers $v$ en un réseau $\Omega_{00}$.

(1) Voir Notes de M. Guichard, *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 1185, et t. 173, 1921, p. 1145.

(2) Séance du 23 janvier 1922.

A un réseau O plan, on peut faire correspondre les quantités

$$\xi_1 = \cos\varphi, \quad \xi_2 = \sin\varphi, \quad m = +\frac{\partial\varphi}{\partial u};$$
$$\eta_1 = -\sin\varphi, \quad \eta_2 = \cos\varphi, \quad n = \frac{\partial\varphi}{\partial v}.$$

Les quantités analogues sont, pour le réseau dérivé,

$$[\xi_1] = -\sin\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial u} - \frac{1}{\frac{\partial\varphi}{\partial v}}\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}\cos\varphi, \qquad [\xi_2] = \cos\varphi\frac{\partial\varphi}{\partial u} - \frac{1}{\frac{\partial\varphi}{\partial v}}\frac{\partial^2\varphi}{\partial u\,\partial v}\sin\varphi;$$

$$[\eta_1] = \frac{1}{\frac{\partial\varphi}{\partial v}}\cos\varphi, \qquad [\eta_2] = \frac{1}{\frac{\partial\varphi}{\partial v}}\sin\varphi;$$

$$[m] = \frac{1}{\frac{\partial\varphi}{\partial v}}, \qquad [n] = -\frac{\partial\varphi}{\partial v}\left(\frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\varphi}{\partial v} + \frac{\partial^2 \mathrm{L}\frac{\partial\varphi}{\partial v}}{\partial u\,\partial v}\right).$$

Ce réseau est $\Omega_{00}$, si l'on a la relation

$$[\xi_1][\eta_2] - [\xi_2][\eta_1] = n + m$$

qui s'écrit

$$\left(\frac{\partial\varphi}{\partial v}\right)^2\left(\frac{\partial^2 \mathrm{L}\frac{\partial\varphi}{\partial v}}{\partial u\,\partial v} + \frac{\partial\varphi}{\partial u}\frac{\partial\varphi}{\partial v}\right) - \frac{\partial\varphi}{\partial u} + 1 = 0.$$

Nous avons remarqué qu'à toute solution $\varphi$ de cette équation correspondait une double infinité de solutions du problème. Il existe, en effet, une infinité simple de congruences $L_{00}$ conjuguées au réseau $\Omega_{00}$. Chacune des congruences H qui en dérive est la projection d'une infinité de congruences O.

Si l'on connaît une congruence particulière $L_{00}$, toutes les autres congruences peuvent être déterminées par quadratures. La congruence particulière H correspondante admet une deuxième série de réseaux O qui lui sont conjugués qui déterminent une nouvelle solution $\varphi$ de l'équation aux dérivées partielles.

Un réseau O particulier admet, pour réseau dérivé, un réseau $\Omega_{00}$ conjugué à la même congruence $L_{00}$. Les raisonnements précédents s'appliquent à ce nouveau réseau. On a ainsi une transformation du problème qui se peut poursuivre indéfiniment par quadratures.

Cette transformation, appliquée à quelques cas particuliers, nous a permis de déterminer des surfaces nouvelles.

ASTRONOMIE. — *La périodicité et le mouvement des taches du Soleil en latitude expliqués par la pulsation de son noyau.* Note de M. **Émile Belot**, présentée par M. Bigourdan.

Dans une Note antérieure (¹) j'ai pu démontrer la formule de Faye exprimant la loi de rotation du Soleil. Faye avait cherché à expliquer la loi de Carrington en supposant que le Soleil contenait un noyau ellipsoïdal ; mais cette hypothèse était en contradiction avec la théorie de Clairaut : cette contradiction disparaît si l'on suppose que ce noyau en moyenne sphérique a, comme les Céphéides, une pulsation qui renfle alternativement l'Équateur et les pôles. La dissymétrie de la pulsation est due, comme je l'ai montré pour les Céphéides (²), au fait que le renflement équatorial est deux fois moindre que les renflements polaires. La période undécennable n'est alors que le résidu de la pulsation primitive du protosoleil après amortissement de la période.

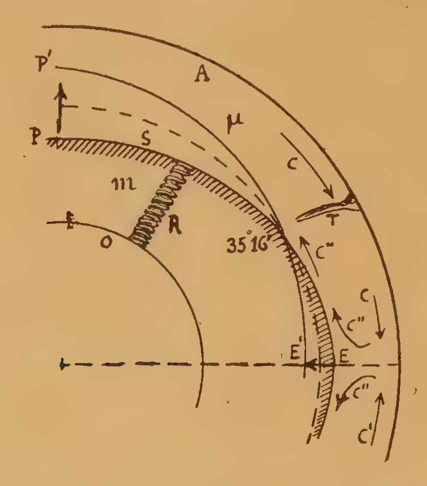
Comment le Soleil peut-il être formé d'une enveloppe ou *périsphère* dont la surface est la photosphère et qui entoure un noyau dense ou *barosphère* S. Celui-ci participant seul à la pulsation ne se mélange pas à l'enveloppe plus légère? Dans le choc de toute Nova et en particulier de la Nova solaire, la pression de radiation repousse à grande distance les matériaux légers de la nébuleuse sous forme d'une enveloppe lumineuse qui a été photographiée pour les Novæ et qui dans le système solaire a produit la division des planètes en deux catégories différant par les masses et les densités (³). Après que le noyau pulsant a capté par son attraction les matériaux denses de la nébuleuse, les masses légères d'abord repoussées finissent par se précipiter sur lui et constituent une enveloppe de faible densité (calcium, sodium, hydrogène, etc.). D'après la loi des rotations, la masse de l'enveloppe serait de 1 : 11 de celle du Soleil, ce qui donnerait pour son épaisseur minima $22000^{\text{km}}$ et plus probablement le double.

Si l'on admet que les taches sont dues à la différence de vitesse linéaire de deux parallèles voisins, on trouve que le maximum du nombre de taches devrait être, d'après la loi de Faye, à la latitude de 37°38′ : or on sait que ce maximum est dans un cycle vers 17° de latitude. C'est qu'il faut tenir compte des courants créés dans l'enveloppe A par la pulsation du noyau.

---

(¹) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 270.
(²) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1083.
(³) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 704.

Considérons l'instant où il est renflé en E à l'Équateur et déprimé aux pôles P : la pulsation tendant à rapprocher l'ellipsoïde de la forme sphérique chasse un certain volume de l'enveloppe A des régions polaires vers l'Équateur créant des courants Nord-Sud C (déjà invoqués mais non expliqués par d'Oppolzer) dont la vitesse de rotation déjà faible est encore ralentie en vertu de la loi des aires : ces courants rencontreront vers 35° les masses de l'enveloppe dont la vitesse de rotation est beaucoup plus rapide. La différence de vitesse est alors suffisante pour produire des taches-tourbillons T qui seront entraînées vers l'Équateur, ce qui explique la loi de Spörer.




A la fin de la pulsation de E vers E′, les courants C et C′ opposés s'annulent et empêchent les taches d'arriver jusqu'à l'Équateur. Mais le mouvement des taches doit être toujours en retard sur la cause (pulsation) qui l'a fait naître; et comme la pulsation inverse (de E′ vers E) se produit deux fois plus lentement (en 7,5 au lieu de 3,7 années) les masses de l'enveloppe ramenées par le contre-courant C″ resteront en profondeur tandis que les taches continueront dans les couches supérieures à descendre lentement vers l'Équateur. Le cycle suivant commencera par la rencontre du courant C″ et du courant C vers les latitudes ± 35°. Les protubérances existeront aussi bien aux pôles (protubérances quiescentes) par la poussée de pulsation P qu'à l'Équateur par l'antagonisme des courants C, C′. Les filaments noirs dans la couche extérieure de la chromosphère peuvent aussi être formés par ces mêmes courants Nord-Sud dont la vitesse de l'ordre de 10$^{m}$ par seconde ne peut guère être révélée par le spectroscope. Par contre, il serait possible de mesurer l'augmentation par la poussée P′ du rayon polaire vers l'époque du maximum des taches : cette augmentation a parfois été constatée à l'Observatoire de Meudon. L'excès du rayon polaire

sur le rayon équatorial a été mesuré de 1905 (après le maximum) à 1909 par le P. Chevalier : il a trouvé cet excès maximum (0″,31) en 1907.

Il reste à expliquer comment la durée de pulsation, par amortissement, a pu passer de quelques jours au début (comme dans une Nova) à 11 ans pour le Soleil.

En l'absence d'une théorie complète de la pulsation des sphères gazeuses, on peut essayer d'appliquer la théorie de l'amortissement des ressorts telle que l'a exposée M. Lecornu (pages 258 à 264 de sa *Dynamique appliquée*).

Assimilons les couches sphériques pulsantes entre une surface S et une sphère O à un ensemble élastique formé par des ressorts à boudin R, juxtaposés suivant les rayons et alternativement comprimés et allongés. L'amortissement de chaque ressort dépend de son poids P, et du poids $p$ de la matière non pulsante qui se précipite en S à l'extrémité du rayon : l'amortissement se produit par transformation en chaleur des frottements internes et par l'augmentation de la viscosité avec le temps (coefficient $\lambda$) dû à l'accroissement de densité. On a alors, pour la période T,

$$T = \pi\sqrt{\frac{P+p}{g-(P+p)\lambda^2}} = \pi\sqrt{\frac{m+\mu}{1-(m+\mu)\lambda^2}} \qquad (m,\ \mu \text{ masses de P et } p).$$

Au début, la densité du protosoleil est très faible ($10^{-5}$), son diamètre équatorial étant 62 fois son diamètre actuel. La pulsation n'intéresse d'abord qu'une couche superficielle peu épaisse, et la masse $\mu$ est nulle; $m$ et $\lambda$ étant faibles, il en est de même de T. Mais la pulsation continuant atteint des couches de plus en plus profondes ($m$ augmente) en même temps que la masse $\mu$ provenant de la nébuleuse se précipite de plus en plus abondante : T augmente. Avec le temps le Soleil se réduit beaucoup en diamètre et sa densité passe de $10^{-5}$ à 1,41 : alors $(m+\mu)$ étant constant, $\lambda$ augmente beaucoup; la durée de pulsation qui, au début, était seulement de quelques jours, atteint alors 11 ans.

L'amplitude $x$ de la $n^{\text{ième}}$ pulsation est

$$x = x_0 e^{-n\lambda\tau} \qquad (x_0 \text{ amplitude pour } n=0);$$

$x$ diffère peu de $x_0$ tant que $\lambda$ est très faible pendant la période d'émission des nappes planétaires. A la fin de la condensation, $x$ est à peu près nul parce que $n$ et $\lambda$ sont très grands. L'amortissement de la pulsation des Novæ de Persée (1901) et de l'Aigle (1918) a été mesuré : la durée de la période qui, au début, était de 5 à 9 jours, est actuellement d'environ 50 jours.

ÉLECTRICITÉ. — *Sur la mesure des isolements par la méthode dite d'accumulation.* Note de M. H. CHAUMAT, présentée par M. J. Violle.

On sait que la méthode de mesure des isolements, dite d'accumulation, consiste à charger un condensateur de capacité C à travers la résistance d'isolement à mesurer R, à l'aide d'une pile de force électromotrice E. Dans ces conditions, la différence de potentiels entre les armatures du condensateur $V_1$, acquise au bout du temps $t_1$, est définie par l'équation

$$(1) \qquad t_1 = \mathrm{CR}\,\mathrm{Log}_e \frac{\mathrm{E}}{\mathrm{E} - \mathrm{V}_1},$$

d'où l'on déduit immédiatement R, les grandeurs E, $V_1$, $t_1$ pouvant être facilement mesurées.

Cette méthode convient à la mesure des résistances d'isolement très élevées.

On est alors gêné par l'isolement propre $\rho$ du condensateur qui se décharge à travers son propre diélectrique pendant qu'il se charge sous l'action de la pile E.

L'équation devient alors

$$(2) \qquad t_1 = \frac{\mathrm{CR}\rho}{\mathrm{R}+\rho}\,\mathrm{Log}_e \frac{\mathrm{E}\rho}{\mathrm{E}\rho - (\mathrm{R}+\rho)\,\mathrm{V}_1},$$

équation transcendante en R que l'on peut résoudre par approximations successives, $\rho$ étant mesuré dans une expérience distincte.

On peut s'exposer alors à de graves erreurs.

De la formule (2) on tire en effet :

$$(3) \qquad \mathrm{V}_1 = \frac{\mathrm{E}\rho}{\mathrm{R}+\rho}\left(1 - e^{-\frac{\mathrm{R}+\rho}{\mathrm{CR}\rho} t_1}\right),$$

formule qui montre que la différence de potentiels $V_1$ atteint une limite

$$\frac{\mathrm{E}\rho}{\mathrm{R}+\rho},$$

qui peut être très inférieure à E. La quantité d'électricité reçue par le condensateur pendant un temps infiniment petit est alors égale à celle qu'il perd à travers son propre diélectrique.

Cette limite n'est atteinte qu'au bout d'un temps théoriquement infini.

Mais dans la pratique de la mesure, suivant les valeurs de C, de R et de $\rho$, la valeur de $V_1$ acquise au bout du temps $t_1$ fini, peut ne différer de la valeur limite que d'une quantité inappréciable, inférieure aux erreurs de lecture.

Dès lors, quelle que soit la durée de la charge, on obtiendra toujours la même valeur $V_1$ de la différence de potentiels finale aux bornes du condensateur. On peut alors, si l'on n'y prend garde, faire des erreurs considérables dans la mesure de R, par exemple de l'ordre de 50 pour 100 et plus.

Pour éviter les erreurs tenant à cette cause, on devra toujours faire deux mesures, au moins, l'une avec une durée de charge $t_1$, l'autre avec une durée de charge $t'_1 > t_1$. On doit trouver dans le second cas une différence de potentiels finale $V'_1$ *notablement* plus grande que $V_1$.

Si $V'_1$ et $V_1$ se confondent sensiblement, aux erreurs près des lectures, c'est que la limite de charge a été déjà pratiquement atteinte dans la première expérience. Et l'on devra recommencer l'expérience en faisant durer la charge pendant un intervalle de temps plus faible que $t_1$. On continuera jusqu'à ce que dans deux expériences faites pendant des durées inégales, $t_1$ et $t'_1$, on trouve, pour la valeur finale de la différence de potentiels entre les armatures du condensateur, deux valeurs notablement différentes $V_1$ et $V'_1$.

Dans les deux cas, l'isolement du condensateur, $\rho$, sera mesuré à part par la méthode de la perte de charge. Et comme l'on sait que l'isolement d'un diélectrique est fonction de la différence de potentiels à laquelle il est soumis, cet isolement du condensateur sera mesuré successivement de la façon suivante :

Pour déterminer la valeur de $\rho$ correspondant à la première mesure, on chargera le condensateur à la différence de potentiels initiale $V_1$ et on le laissera se décharger à travers son propre diélectrique pendant un temps convenable fixé par les conditions optima de précision.

On opérera de même pour déterminer la valeur de $\rho$ correspondant à la seconde mesure, mais en chargeant cette fois le condensateur à la différence de potentiels initiale $V'_1$.

Tous calculs faits, on obtiendra deux valeurs de R qui seront nécessairement différentes, la résistance d'isolement mesurée étant dans les deux cas placée dans des conditions électriques différentes. Elle est soumise en effet, dans le premier cas, à une différence de potentiels variable pendant la durée de l'expérience entre E et $E - V_1$, et dans le second cas à une différence de potentiels variable entre E et $E - V'_1$. Mais les résultats pourront toujours être interprétés pratiquement.

OPTIQUE GÉOMÉTRIQUE. — *Relation entre l'aberration et l'astigmatisme pour un point situé sur l'axe d'un système optique centré.* Note de M. **Marcel Dufour**, présentée par M. Appell.

Si l'on coupe un pinceau astigmate présentant un plan de symétrie par un plan perpendiculaire au plan de symétrie et contenant le rayon central du pinceau, la section de la caustique est symétrique par rapport au rayon central sur lequel elle présente un point de rebroussement. Aux environs immédiats de ce point de rebroussement, la caustique peut être confondue avec une développante de cercle, ou, ce qui revient au même, au degré d'approximation auquel nous nous plaçons, avec une parabole semi-cubique ([1]). Or on sait que la distance entre le point de contact et l'intersection de la tangente avec l'axe des $x$ est pour la parabole semi-cubique double de la distance qui sépare les intersections respectives de la tangente avec l'axe des $x$ et avec l'axe des $y$. Si nous supposons que $\varphi$ est un infiniment petit du premier ordre, nous pouvons, au second ordre près, confondre cette dernière distance avec le tiers de l'abscisse du point de contact. Donc quand un pinceau astigmate présente un plan de symétrie, le point d'intersection du rayon central avec un rayon voisin situé dans le plan perpendiculaire au plan de symétrie est à une distance du point de rebroussement égale à la moitié de sa distance au point de contact avec la caustique.

S'il s'agit d'un pinceau de révolution, tous les méridiens de ce pinceau peuvent être considérés comme des plans de symétrie, et dans le voisinage du point de rebroussement, l'axe du pinceau constitue l'autre nappe de la caustique. Le point de rencontre d'un rayon du pinceau avec le rayon central est un point focal, et la distance de ce point focal au point de rebroussement est l'aberration longitudinale relative au rayon considéré. Nous pouvons donc dire : *dans un pinceau de révolution, la distance entre les deux points focaux situés sur un rayon est égale au double de l'aberration longitudinale relative à ce rayon.*

---

([1]) Si, dans les équations de la développante de cercle, on développe, en fonction de l'angle $\varphi$ que fait la tangente avec l'axe des $x$, $\sin\varphi$ et $\cos\varphi$, en négligeant les puissances de $\varphi$ supérieures à la troisième, on obtient pour représenter la courbe au voisinage du sommet les relations $x = A\frac{\varphi^2}{2}$ et $y = A\frac{\varphi^3}{3}$, A désignant le rayon du cercle. L'élimination de $\varphi$ entre ces deux valeurs de $x$ et $y$ nous donne $y^2 = \frac{8}{9A}x^3$.

Quand un point lumineux objet est placé sur l'axe d'un système optique centré, la proposition précédente s'applique au faisceau des rayons réfractés qui est de révolution par raison de symétrie (¹).

OPTIQUE. — *Portée obtenue par un phare de grand atterrage avec optique à réflecteurs métalliques.* Note de M. **Jean Rey**, transmise par M. André Blondel.

Dans deux Notes précédente (²), j'ai donné la description du premier phare à réflecteurs métalliques tournants, de grand atterrage, qui ait été construit jusqu'ici et qui se trouve installé sur l'îlot du Galiton, au nord-ouest de Bizerte.

Ce phare, à groupes de quatre éclats, est en fonctionnement depuis le mois de mai 1919. Après une légère mise au point de la source lumineuse, la position ayant dû être modifiée pour tenir compte de l'altitude du feu au-dessus de la mer ($165^m$), altitude qui n'était pas connue au moment où les essais de l'appareil ont été faits en laboratoire, les résultats obtenus ont été tout à fait satisfaisants.

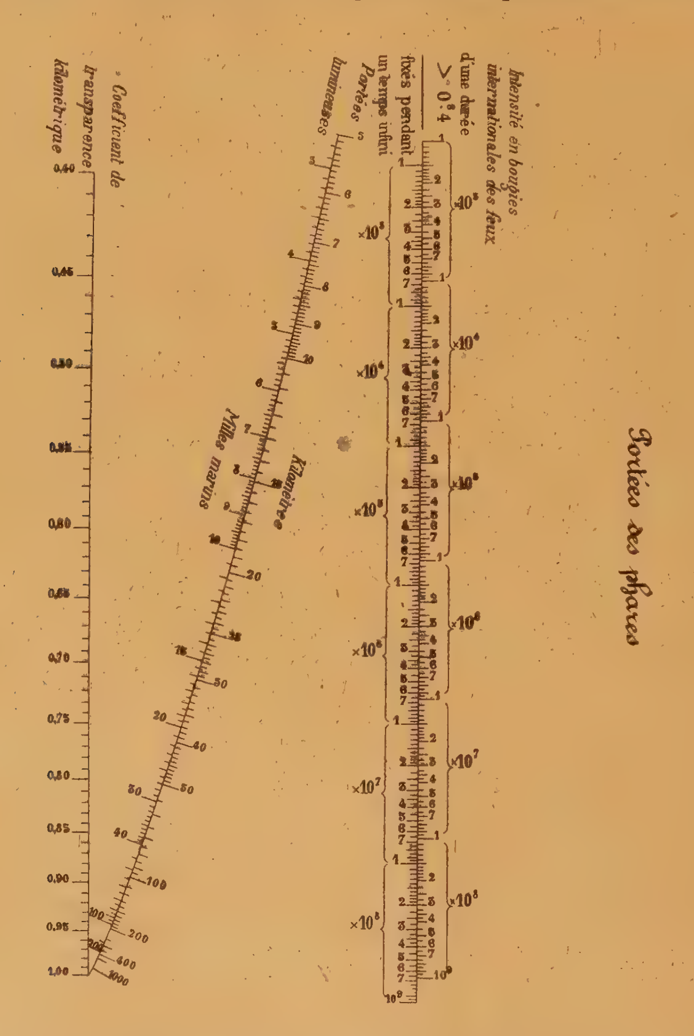
---

(¹) M. Tscherning a établi cette proposition pour les dioptres et les lentilles infiniment minces [cf. Tscherning, *La théorie de Gauss appliquée à la réfraction par incidence oblique* (*Det Kgl. Danske Videnskabernes Selskab. Mathematisk-fysiske Meddelelser*, t. **1**, p. 15)].

Pour un rayon réfracté faisant avec l'axe de révolution un angle $\varphi$, l'aberration longitudinale est $\varepsilon = \frac{A\varphi^2}{5}$ : il est intéressant d'en connaître la valeur en fonction de l'aberration longitudinale, telle qu'elle est ordinairement définie. Si le rayon réfracté coupe le plan principal image à une distance $R'$ de l'axe de révolution, et si nous désignons par F la distance focale image, nous avons $\varphi = \frac{R'}{F-\varepsilon} = \frac{R'}{F}\cdot\frac{1}{1-\frac{\varepsilon}{F}}$ dont la partie principale est $\frac{R'}{F} = \frac{R}{S}$ en désignant par R la distance à l'axe de l'intersection du rayon réfracté avec le dernier dioptre du système et S la distance de ce dernier dioptre (dont nous négligeons la flèche) au foyer principal image. En remplaçant $\varphi$ par sa valeur $\frac{R}{S}$ nous avons pour l'aberration longitudinale la valeur $\frac{AR^2}{6S^2}$ et la valeur de l'aberration transversale est $\frac{AR^3}{6S^3}$ [cf. Gullstrand, *Die Constitution des im Auge gebrochenen Strahlenbündels* (*Archiv für Ophth.*, 1901, p. 194)].

(²) *Comptes rendus*, t. **169**, 1919, p. 471 et 611.

Il résulte des observations faites par l'Administration des Ponts et Chaussées de Tunisie que la portée de ce phare, qui avait été calculée de 30 milles, atteint 33 milles, car on l'aperçoit fréquemment de Tabarka à




cette distance ; on l'aperçoit assez souvent du Ras-Enhelah, à 41 milles, par temps clair ; enfin des pêcheurs, venant de Sardaigne à la Galite, ont même déclaré qu'avec un ciel pur, ils avaient aperçu la clarté du feu, alors qu'ils se trouvaient à une trentaine de milles des côtes de cette île, c'est-à-dire à environ 50 milles du Galiton.

Il est intéressant de chercher à se rendre compte du coefficient de transparence atmosphérique de la région qui entoure le Galiton, en prenant

pour base la portée de 33 milles relevée par l'Administration des Travaux publics de Tunisie.

Nous donnons, ci-contre, l'abaque à points alignés qui nous sert pour le calcul des portées des phares ([1]).

L'intensité pratique du feu, telle qu'elle a été déterminée en laboratoire ([2]), donne, comme valeur du feu équivalent perçu pendant une durée de 0,4 seconde, 163500 bougies.

L'abaque des portées indique immédiatement que, pour atteindre 33 milles de portée, il faut que la transparence soit de 0,916, c'est-à-dire que l'absorption de la lumière ne dépasse pas 8,4 pour 100 par kilomètre.

Pour une portée de 41 milles, atteinte fréquemment par le feu de la Galite, la transparence atmosphérique serait de 0,933, correspondant à une absorption de 6,7 pour 100 par kilomètre.

Si l'on compare les résultats obtenus par des optiques en verre donnant la même apparence (premier ordre à groupes de quatre éclats, feu de Camarat), on trouve que la portée indiquée par l'Administration des Phares ne dépasse pas, en moyenne, 29,5 milles. En attribuant au coefficient de transparence atmosphérique la même valeur 0,916 que ci-dessus, la puissance du feu fixe équivalent correspondrait à 70000 bougies environ.

Ce chiffre est le résultat pratique que l'on obtiendrait avec un feu qui serait fixé par l'observateur, pendant une durée supérieure à $\frac{4}{10}$ de seconde.

La valeur de l'optique du phare de premier ordre de Camarat ainsi calculée est de 43 pour 100 de celle du feu de la Galite pour des lentilles annulaires au $\frac{1}{8}$, la source lumineuse étant la même.

L'essai du nouveau système à réflecteurs métalliques, pour l'îlot du Galiton, qui a été fait par l'Administration des Phares de France, a donc été sanctionné par un succès complet, et il a permis de montrer que l'on peut obtenir des portées plus considérables avec des réflecteurs métalliques de mêmes dimensions que les optiques en verre de Fresnel.

---

([1]) Cet abaque a été publié à la page 96 de mon volume *Sur la Portée des Projecteurs de lumière électrique* (Berger-Levrault, éd., 1915), avec un autre plus complet à la page 162. Antérieurement, j'en avais indiqué déjà un autre un peu différent dans mon ouvrage *Phares à réflecteurs métalliques* (Paris, 1913), p. 75.

([2]) *Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 611.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Influence de la température sur la vitesse d'interpénétration des solides*. Note de MM. **H. Weiss** et **P. Henry**, présentée par M. H. Le Chatelier.

Dans des Notes précédentes (¹), l'un de nous a décrit qualitativement l'interpénétration de divers couples de métaux. Nous avons cherché à aborder quantitativement ce phénomène et commencé par l'étude de l'influence de la température; la répartition des concentrations et la vitesse absolue de diffusion, plus délicates à étudier, font l'objet d'expériences actuellement en cours d'exécution.

Nous avons utilisé le phénomène suivant : certains alliages, qui sont formés à l'état d'équilibre par un seul constituant (une solution solide homogène), peuvent être obtenus, dans des conditions convenables de refroidissement après fusion, à l'état de solutions solides hétérogènes à zones de composition variable, bordant des cristaux d'un deuxième constituant. Par recuit au-dessous du point de fusion minimum, le deuxième constituant se dissout dans la solution solide hétérogène, qui elle-même s'homogénise complètement.

Un alliage qui se prête très bien à ce genre d'expérience est celui Ag — 14 pour 100 Sb. C'est celui que nous avons employé dans cette étude. Les deux constituants sont très nettement différenciés par une attaque au perchlorure de fer acide. L'aspect micrographique de l'alliage est le suivant : un fond blanc de solution solide riche en argent sur lequel se détachent des dendrites rouges violacées de $Ag^3Sb$.

Dans ce genre d'expérience on observe la vitesse de dissolution de $Ag^3Sb$ dans la solution solide de Ag; elle coïncide avec la vitesse de diffusion seulement si l'on admet que la vitesse d'entrée en solution de $Ag^3Sb$ dans Ag est négligeable devant elle. Sans vouloir chercher à différencier dans nos résultats la part de ces deux phénomènes, nous nous sommes contentés d'observer globalement la variation de sa vitesse avec la température.

Pour cela, nous avons commencé par préparer un culot unique d'alliage Ag — 14 pour 100 Sb. Nous avons vérifié l'homogénéité de son aspect micrographique dans toute son étendue. Nous avons découpé ce culot en un grand nombre de petits échantillons. Ceux-ci étaient placés dans des tubes scellés en verre, vidés d'air jusqu'au vide non mesurable à la jauge de Mac Léod. Au moyen des divers thermostats précé-

---

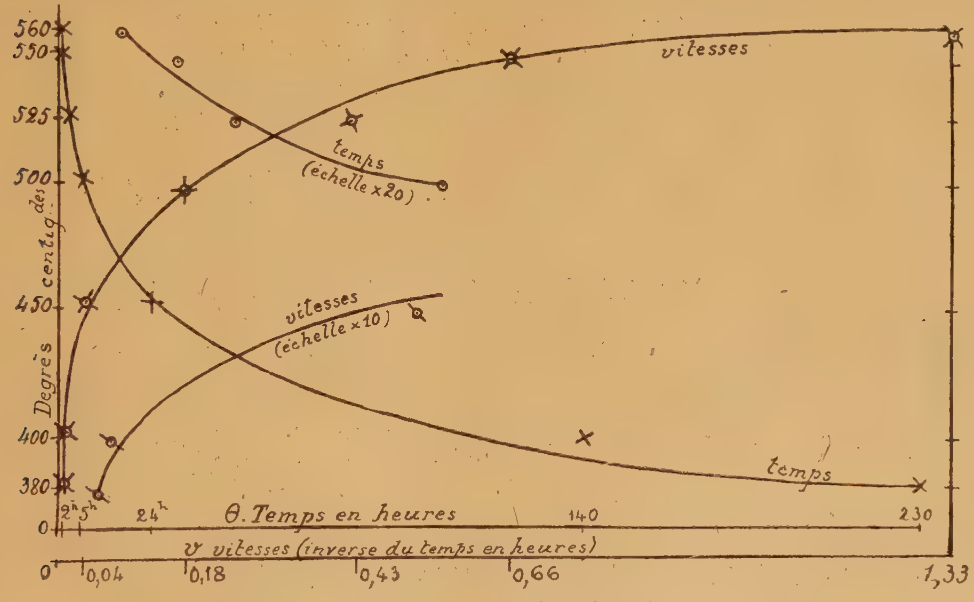
(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 108, et t. 173, 1921, p. 146.

demment mis au point et indiqués dans nos dernières Notes, nous avons recuit ces tubes à diverses températures pendant des durées croissantes jusqu'à ce que nous obtenions des échantillons où le constituant $Ag^3Sb$ ait juste disparu (phénomène qui s'observe avec précision). Nous avons noté les durées de recuit correspondant à ces disparitions aux diverses températures. Nous avons aussi classé ensemble les échantillons non complètement homogénéisés, qui, bien que traités à des températures différentes, avaient le même aspect micrographique; nous avons comparé leurs durées de recuit.

*Durée de recuit de couples d'échantillons ayant même aspect.*

| Températures. | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 545° C. | $1^h$ | $1^h45^m$ | $2^h15^m$ | $2^h20^m$ |
| 500° | $2^h30^m$ | $4^h15^m$ | $4^h45^m$ | $5^h10^m$ |
| Rapport des durées de recuit... | 2,5 | 2,4 | 2,1 | 2,2 |

Discussion faite des causes d'erreur, nous sommes conduits à conclure que ce rapport reste constant pendant tout le recuit. Donc, dans la formule qui exprimerait la vitesse d'interpénétration dans les solutions solides en




Les points marqués sont les points observés.
Les courbes tracées sont celles déduites de la formule.

fonction des concentrations des deux métaux et de la température, la fonction contenant cette dernière grandeur entrerait en facteur.

| Températures en degrés centigr... | | 560°. | 550°. | 525°. | 500°. | 450°. | 400°. | 380°. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Durée de complète homogénéisation | observée... | $45^m$ | $1^h30^m$ | $2^h20^m$ | $5^h$ | $24^h$ | $140^h$ | $230^h$ |
| | calculée... | $44^m$ | $1^h10^m$ | $2^h25^m$ | $5^h$ | $24^h30^m$ | $120^h$ | $230^h$ |

Nous avons cherché la formule mathématique qui groupe le mieux les résultats de ce Tableau. La force exponentielle nous a donné les meilleurs résultats :

$$v(\text{vitesse}) = \frac{1}{\theta\left(\frac{\text{temps}}{\text{en heures}}\right)} = \mathrm{K}a^{\mathrm{T}} \quad (\text{T température absolue})$$

avec

$$\mathrm{K} = 4,17.10^{-12} \quad \text{et} \quad a = 1,0324.$$

Les causes d'erreur sont les suivantes :

1° Évaluation de la température;

2° Appréciation de l'aspect micrographique
3° Inhomogénéité accidentelle du culot
4° Durée d'échauffement à la température voulue } (erreur sur la durée).

La dernière cause d'erreur devient importante pour les expériences de relativement courte durée, c'est-à-dire aux plus hautes températures, car les échantillons sont pour ainsi dire placés dans des petits vases de Dewar. Ce sont d'ailleurs les expériences qui ont donné les résultats les plus irréguliers.

Reste la question de savoir s'il existe une température où la vitesse d'homogénéisation est nulle, autrement dit si elle est plutôt représentée par une expression de la forme

$$v = \mathrm{K}(a^{\mathrm{T}} - a^{\mathrm{T}_0}).$$

Vu l'ordre de grandeur de nos erreurs d'expérience (10 pour 100 environ), tout ce que nous pouvons affirmer c'est que $\mathrm{T}_0 \leq 280°$ C. Si $\mathrm{T}_0$ est aussi petit que possible, le zéro absolu, donc pratiquement si $v = \mathrm{K}a^{\mathrm{T}}$, la durée d'homogénéisation à cette température (la plus faible durée qu'on puisse envisager) serait de 3 mois; celle à la température ordinaire, 20°, serait de 1500 ans.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Sur deux nouveaux molybdo-malates d'ammonium.* Note de M. E. **Darmois**, présentée par M. Haller.

Gernez a découvert les variations considérables que présente le pouvoir rotatoire de l'acide malique, quand on lui ajoute en solution aqueuse des quantités croissantes de molybdate ordinaire d'ammoniaque.

La rotation, lévogyre et faible, augmente d'abord en valeur absolue, passe par un maximum égal à environ 25 fois la rotation de l'acide pur. Puis elle diminue, s'annule et prend finalement des valeurs dextrogyres considérables représentant 370 fois la rotation

de l'acide pur. J'ai montré récemment (¹) qu'on pouvait retirer des solutions fortement dextrogyres un corps bien cristallisé. L'étude polarimétrique des mélanges en proportion variable de $MoO^3$, $C^4H^6O^5$ et $NH^3$ montrent nettement que le composé correspond à des proportions respectives 2, 1 et 2 des trois substances; il apparaît comme une combinaison de l'acide molybdique et du malate neutre d'ammoniaque dans les proportions 2 : 1.

J'ai étudié par les mêmes procédés le maximum lévogyre de la courbe de Gernez. On prévoit que, s'il correspond à un composé, celui-ci doit avoir une composition voisine de $MoO^3, 2C^4H^5O^5$. On étudie alors des mélanges en proportion variable des deux acides, le rapport $r = \frac{C^4H^6O^5}{MoO^3}$, étant voisin de 2; à chacun des mélanges on ajoute des quantités variant de $NH^3$. On retrouve des résultats analogues à ceux obtenus pour le composé droit. Il est nécessaire d'opérer en solution concentrée pour avoir des résultats nets. On trouve dans ces conditions que la courbe des [α], en fonction de la quantité d'ammoniaque, pour un mélange donné des deux acides, se compose approximativement de trois segments de droite se coupant nettement en deux points anguleux. Le premier point correspond à une addition de $1NH^3$ pour 1 d'acide malique, le deuxième de $2NH^3$ pour 1 d'acide. On s'aperçoit ainsi de l'existence de deux composés résultant de l'action de $MoO^3$ respectivement sur les malates acide et neutre de $NH^3$. Le [α] correspondant à la première cassure est nettement maximum pour $r = 2$. Pour le deuxième composé le résultat est moins net, [α] dépend de la concentration, et c'est pour une valeur de $r$ un peu supérieure à 2 qu'il est maximum aux environs de la concentration 30. On peut en déduire que $MoO^3$ forme avec $C^4H^6O^5$ et $NH^3$ deux composés lévogyres ayant les compositions suivantes :

(1) $MoO^3$, $2C^4H^6O^5$, $2NH^3$,

(2) $MoO^3$, $2C^4H^6O^5$, $4NH^3$,

le premier étant assez stable, le deuxième ne se formant qu'en présence d'un excès de malate neutre de $NH^3$.

Guidé par cette étude, j'ai pu isoler les deux composés en question.

Si l'on admet la formule $7MoO^3, 3Am^2O$ pour le molybdate ordinaire, on voit qu'à $1^{mol}$ il faudra ajouter $14^{mol}$ d'acide malique et, pour le premier composé, $8NH^3$. Le mélange fait dans ces conditions se prend de suite en masse. Le composé, recristallisé et séché, donne $[\alpha] = -66^o$ pour la raie

(¹) *Comptes rendus*, t. 171, 1920, p. 348; t. 172, 1921, p. 1486.

jaune du mercure; la dispersion pour la raie indigo est 2,25. On peut préparer de même à froid les deux composés (1) correspondant à Na et K. Ils ont des [α] du même ordre.

On peut vérifier la composition du produit obtenu de la façon suivante: à une quantité fixe du sel, on ajoute des quantités variables de la base, on complète au même volume avec de l'eau et l'on polarise. Le [α] mesuré décroît d'abord lentement, puis la courbe présente une cassure brusque au delà de laquelle la variation est très rapide; la cassure a lieu exactement pour une addition de $2^{mol}$ de base pour $1^{mol}$ de composé, c'est-à-dire correspond à la formation du composé (2). J'ai isolé ainsi les trois composés (2) pour K, Na, Am. Ils sont lévogyres et un peu moins actifs que les composés (1). Les bases les décomposent. En présence de phtaléine, le virage se produit quand tout $MoO^3$ est repassé à l'état de molybdate neutre, l'acide malique à l'état de malate neutre. On dispose ainsi d'un procédé de dosage très simple du molybdène dans les composés de Na et K.

A ces deux composés correspond un acide ayant des pouvoirs rotatoires gauches plus faibles que ceux des sels. Les mélanges de Gernez renferment donc probablement au moins quatre corps différents; il est impossible de les faire cristalliser.

Les composés (1) semblent avoir été préparés par Henderson par dissolution de $MoO^3$ blanc dans les solutions bouillantes de malates acides. Il n'indique pas les [α]. Le procédé à froid semble préférable pour le sel de Am qui perd nettement de l'ammoniaque à chaud. Henderson considère ces composés comme des éthers de la fonction alcool du malate acide [1]. J'espère revenir sur cette question.

## CHIMIE ORGANIQUE. — *Action du sulfite de soude sur le nitrobenzène.* Note de MM. Seyewetz et Vignat, présentée par M. A. Haller.

L'emploi des sulfites alcalins pour la réduction des dérivés mononitrés aromatiques n'a été signalé jusqu'ici que pour la réduction du nitronaphtalène qui, d'après Piria, se transforme à sa température de fusion, en présence de sulfite d'ammonium, en acide naphtylamine sulfonique [2].

Nous avons étudié l'action des solutions de sulfite de soude neutre sur le nitrobenzène et reconnu que ces solutions, quels que soient leur degré de

---

(1) Henderson, Orr et Whitehead, *Chem. Soc.*, t. 75, 1899, p. 542.
(2) *Ann. Chemie*, t. 78, p. 31.

concentration et leur température (jusque vers la température de 90° environ) sont sans action appréciable sur le nitrobenzène mis à l'état de fine suspension par agitation mécanique énergique.

Par contre, si l'on maintient à l'ébullition une solution de sulfite de soude renfermant de 10 jusqu'à 20 pour 100 de $SO^3Na^2$ dans laquelle on met en suspension du nitrobenzène, en employant deux molécules de sulfite pour une de nitrobenzène, on observe que la couleur de la solution devient orangée, puis vire peu à peu au rouge brun, en même temps que les gouttes huileuses et l'odeur de nitrobenzène disparaissent. Après deux heures de chauffage à l'ébullition, la liqueur est complètement limpide et l'on ne perçoit plus l'odeur du nitrobenzène.

Dès que la solution commence à se colorer, on observe un dégagement d'ammoniaque qui se produit lentement au fur et à mesure que le nitrobenzène s'élimine. En employant deux molécules de sulfite de soude pour une molécule de nitrobenzène (proportions qui correspondent à la réduction en aniline), on constate qu'après disparition de la totalité du nitrobenzène, il reste encore une faible proportion de sulfite de soude non oxydé et la solution a une très forte réaction alcaline.

Les dissolvants organiques, n'extraient rien de la solution. Pour isoler le produit de la réduction, nous avons traité la liqueur par l'acide chlorhydrique jusqu'à faible acidité pour neutraliser la soude et décomposer l'excès de sulfite alcalin. La solution est ensuite concentrée jusqu'à formation d'une bouillie cristalline qui est séchée au bain-marie dans un courant de gaz sulfureux pour éviter son oxydation à l'air. On obtient ainsi un résidu brun cristallin qu'on épuise par l'alcool à 70 pour 100 bouillant. La liqueur rouge brun ainsi obtenue laisse déposer par concentration et refroidissement un produit rosé d'aspect cristallin. Ce produit peut être purifié par redissolution à chaud dans l'alcool à 70 pour 100 et décoloration par le noir animal.

On obtient ainsi de petites paillettes brillantes incolores, infusibles, peu solubles dans l'eau froide, plus solubles à chaud, insolubles dans l'alcool concentré et dans l'éther.

La solution aqueuse a une réaction acide, elle décompose les carbonates, elle a de fortes propriétés réductrices, elle réduit instantanément le nitrate d'argent ammoniacal à froid et en présence des alcalis, elle développe l'image latente photographique. Elle se colore en violet par le perchlorure de fer.

*Hypothèses sur la nature de la réaction.* — Le composé ainsi isolé renferme du carbone, du soufre à l'état sulfoné et de l'azote aminé. La caractérisation du groupe sulfonique, de la fonction amine et de la fonction phénolique permet de supposer qu'il s'est formé par l'action du sulfite de soude sur le nitrobenzène un amidophénol sulfonique.

Cette hypothèse paraît confirmée par la détermination de la composition centésimale. Voici les résultats de l'analyse :

| | Trouvé pour 100. | Calculé pour : $C^6H^3 \begin{cases} SO^3H \\ OH \\ NH^2 \end{cases}$ |
|---|---|---|
| C | 37,88 | 38,09 |
| H | 3,73 | 3,70 |
| N | 7,40 | 7,40 |
| S | 16,90 | 16,93 |

Le composé ayant des propriétés développatrices pour l'image latente photographique, la position des groupes OH et $NH^2$ doit être vraisemblablement en *ortho* ou en *para*. Cet amidophénol sulfonique a des propriétés identiques au paramidophénol (2) sulfonique décrit par Schultz et Stäble [1]. On peut, croyons-nous, facilement expliquer la formation de cet amidophénol sulfonique, si l'on remarque que, dans l'action du sulfite de soude sur le nitrobenzène, il y a eu dégagement d'ammoniaque et que la réaction de la solution après élimination de l'ammoniaque est fortement alcaline.

On peut supposer que, dans une première phase, la réduction donne naissance à une phénylhydroxylamine sulfonique d'après l'équation suivante :

$$C^6H^5-NO^2+2SO^3Na^2+H^2O = C^6H^4 \begin{cases} NHOH \\ SO^3Na \end{cases} + SO^4Na^2 + NaOH.$$

Cette hydroxylamine sulfonique instable se transposerait immédiatement en paramidophénol orthosulfonique :

$$C^6H^4(NHOH)(SO^3H) \rightarrow C^6H^3(NH^2)(SO^3H)(OH)$$

On peut expliquer le dégagement d'ammoniaque qui se produit pendant l'ébullition du nitrobenzène avec la solution de sulfite alcalin par l'action de la soude, libérée au cours de la sulfonation sur la phénylhydrazine sulfonique. Celle-ci se décompose probablement sous l'influence de la soude d'après la réaction suivante :

$$3C^6H^4 \begin{cases} NHOH \\ SO^3H \end{cases} + 6NaOH = 2N + NH^3 + 3C^6H^4 \begin{cases} ONa \\ SO^3Na \end{cases} + 6H^2O.$$

En outre, la coloration rouge de plus en plus intense que prend la solu-

(1) *Journ. für prakt. Chemie*, 1904, p. 336.

tion à mesure que l'ébullition se prolonge peut s'expliquer par la formation d'azoxybenzène qui a été signalée par Bamberger et Brady [1] quand on traite à froid par la soude, la phénylhydroxylamine.

Nous avons reconnu qu'il est possible de supprimer presque totalement le dégagement d'ammoniaque ainsi que la coloration rouge de la solution en additionnant la solution de sulfite, de bicarbonate de soude qui transforme en carbonate la soude, au fur et à mesure de sa formation.

Nous avons obtenu $70^{g}$ de paramidophénol sulfonique pour $100^{g}$ de nitrobenzène, soit 47,7 pour 100 du rendement théorique. Ce rendement augmente peu et atteint seulement 50 pour 100 du rendement théorique quand on opère en présence de bicarbonate de soude.

GÉOLOGIE. — *La structure du Nord-Annam au sud de Thanh Hoà.* Note de M. **Charles Jacob**, présentée par M. Pierre Termier.

Nous allons poursuivre vers le Sud l'étude, amorcée dans une Note précédente, de la structure du Nord-Annam.

Tout d'abord, entre le petit *massif cristallin côtier* de Sam Son et les calcaires dévoniens de la *Série primaire*, s'introduisent des *terrains secondaires* : grès rouges et poudingues, attribués au Trias inférieur et rencontrés en affleurements épars au milieu des rizières le long de la route mandarine au sud de Thanh Hoa, grès rhétiens à traces charbonneuses occupant de vastes surfaces dans le Phu de Tinh Gia. Les relations avec le granite de Sam Son, isolé dans les rizières, ne peuvent être reconnues par l'observation; mais, plus au Sud, les travaux antérieurs ont établi que les grès et poudingues attribués au Trias inférieur, équivalent probable de la base de l'immense manteau gréseux de toute l'Indo-Chine centrale et méridionale, s'étendaient *transgressivement* sur les petits massifs côtiers de Vinh et de Ha Tinh, analogues à celui de Sam Son. En revanche, on peut voir, dans le sud du Thanh Hoa, la *Série primaire reposer*, *en contact anormal*, *sur les grès et poudingues :* au nord-ouest de la station de Yen Thai, les calcaires dévoniens, débutant par un marbre rose laminé, sont poussés sur les poudingues. Plus au Sud, dans le Phu de Tinh Gia, le mouvement gagne même de l'importance vers l'avant : au nord-ouest de la gare de Thi Long, la base des porphyrites a dépassé la Série primaire; et les mylonites de

---

[1] *Berichte*, t. 33, p. 27.

quartzites à ciment ferrugineux, accompagnées de calcaires étirés, reposent directement sur les grès rhétiens.

Avec tous les éléments définis jusqu'ici, nous avons atteint une ligne, à peu près droite, dirigée Nord-Ouest-Sud Est, suivant le Song Am et se prolongeant vers la gare de Khoa Truong. A l'ouest de cette ligne et pour couvrir l'immense surface qui s'étend au Sud-Est jusqu'aux massifs côtiers de Vinh et de Ha Tinh, à l'Ouest jusqu'à la Porte d'Annam, à la Chaîne annamitique et au versant nord-est du Tran Ninh, se trouve un autre ensemble, correspondant à la prolongation de la *Zone de Nam Sam*, telle que l'a définie M. Dussault dans Sam Neüa.

On en retrouve ici tous les caractères. Le substratum est représenté par les terrains cristallins de la Chaîne annamitique et du Tran Ninh auxquels succèdent des schistes et des calcaires, sans doute paléozoïques; il l'est aussi par les terrains cristallins du massif du Pou Huat, qui vient se terminer au sud de Ké Bon ; il l'est enfin par le granite du Bou Ginh. Le principal élément de la Zone correspond toujours à une épaisse *série schisto-gréseuse*, au sein de laquelle s'ajoutent sur les confins de Vinh et du Thanh Hoa des lames calcaires, souvent étirées. Cette série gréso-schisteuse avec calcaires subordonnés a fourni des fossiles triasiques : aux gisements anciennement connus du Quan Moc et de Quan Son vers la côte d'Annam, j'en joins divers autres, notamment celui de Xom Nhuong, à mi-distance entre les précédents et San Neua ; d'après M. Mansuy, il comporte, avec *Myophoria inæquicostata* Klip., les Ammonites suivantes : *Ceratites Phat* Mans. cf. *C. trinodosus* Mojs., *Ceratites* cf. *Abichi* Mojs., *Protrachyceras annamense* Mans. cf. *P. Curioni* Mojs., *Protrachyceras* cf. *Reitzi* Boeck in Mojs., c'est-à-dire des éléments de l'horizon à *C. trinodosus* ou d'horizons voisins. Ici encore se rencontrent des microgranites et des rhyolites souvent écrasés : des lambeaux en sont connus au nord de la Porte d'Annam dans Ha Tinh et au sud du Song Ca dans Vinh ; j'en ai retrouvé à l'est de Muong Lam dans le haut de Vinh ; j'ai délimité les énormes masses de rhyolites du Ta Léo dans l'ouest de Thanh Hoa, etc. Enfin, comme dernier caractère, il faut noter les écrasements fréquents dans cette partie du Nord-Annam ; je puis notamment signaler des lambeaux de granite ou de schistes cristallins entraînés autour du Bou Ginh ; et le repos de la Série schisto-gréseuse du Nam Sam se confirme comme anormal sur le substratum.

Nous nous demandons maintenant comment se place la Zone du Nam Sam par rapport aux éléments tectoniques distingués à l'est de la ligne du Song Am.

Au sud-ouest du Song Ma, la bordure occidentale du pays d'Hoi Xuan, dont nous avons indiqué dans une Note précédente les imbrications, formées des porphyrites et des masses calcaires supérieures, monte sur la couverture de Bou Ginh. *Les Porphyrites du Thanh Hoa reposent donc sur la zone du Nam Sam.* Du reste, en pleine zone des porphyrites, vers Van Am et Chan Man, au nord de Bai Thuong, je connais, dans des bas-fonds, deux affleurements de rhyolite sous les porphyrites. Ces deux affleurements se trouvent au nord, tectoniquement à l'intérieur, du rocher d'Ham Rong, apophyse ultime de la Série primaire. Je trouve là le seul argument que je possède pour admettre que la *Zone du Nam Sam doit s'intercaler entre la Série primaire et les Porphyrites.*

Dans le sud du Thanh Hoa, en dehors des faits exposés jusqu'ici, la structure ne laisse pas que d'être troublée par tout *un système de failles*, de direction Nord-Ouest, postérieures aux charriages, qui juxtaposent les éléments les plus divers; une de ces failles, en particulier, limite à l'Ouest le Rhétien du Phu de Tinh Gia et empêche de se rendre compte de la position initiale de celui-ci par rapport à la Zone du Nam Sam. Dans le sud et l'ouest du Thanh Hoa également, s'ajoutent, comme complications, celles dues à des *montées de roches basiques profondes* qui recoupent tous nos éléments suivant des tracés Nord-Ouest, depuis la mer jusqu'à la traînée déjà signalée dans Sam Neua par M. Dussault. Je mentionne, entre autres, les affleurements du Nui Na Son, de Luong Son, de Tri Nang, etc., dans lesquels on rencontre des diabases quartzifères, des gabbros et des péridotites à olivine passant à des serpentines, localement riches en fer chromé.

Pour conclure, il faut considérer le *Nord-Annam presque tout entier comme une région de nappes.* Vers la côte seulement, et sans doute aussi au sud-ouest de la Chaîne annamitique, il peut être question d'un *avant-pays*, qui serait caractérisé par une couverture transgressive de grès secondaires. Ailleurs, quand le substratum affleure, c'est le cas dans la Zone du Nam-Sam, il n'a pas ou n'a plus cette couverture transgressive. Au-dessus de l'avant-pays, vient, en contact anormal, une lame complexe, représentée seulement dans le nord du Thanh Hoa dont elle constitue la Série primaire. Puis c'est la Série schisto-gréseuse, triasique, à rhyolites et microgranites souvent écrasés, définie dans la Zone du Nam-Sam, suivie, elle-même, d'une lame individualisée dans le Thanh Hoa, qui est caractérisée par des porphyrites, lame qui a glissé jusque sur l'avant-pays. Enfin, culminant sur le tout, nous trouvons les masses principalement calcaires de la Chaîne de Thanh Hoa, entre l'Annam et le Tonkin, et celles du pays de Hoi Xuan.

GÉOLOGIE. — *Nouvelles observations sur les dislocations de la Montagne de la Bastille, près de Grenoble.* Note [1] de MM. F. **Blanchet** et E. **Chagny**, transmise par M. Kilian.

Le promontoire de la Bastille, dont les assises tithoniques (Calcaires de la Porte de France) sont restées célèbres par les discussions stratigraphiques auxquelles elles ont donné lieu, a fait l'objet d'une étude détaillée de la part de M. Kilian [2].

Après avoir caractérisé la série des assises qui prennent part à la constitution de cette montagne, cet auteur y signale un système de cassures transversales découpant dans ces assises quatre « tranches » chavirées les unes par rapport aux autres et comprenant : le Mont-Jalla, la plate-forme de la Bastille, les assises où sont établies les fortifications de la Bastille, enfin celles qui supportent les fortifications de Rabot.

M. Paul Corbin a récemment mis gracieusement à la disposition de M. Kilian un plan au $\frac{1}{1000}$ de cette région, exécuté par le Service du Génie en 1827. Ce précieux et fort intéressant document nous a permis d'étudier avec une précision exceptionnelle la disposition de ces assises et de nous rendre compte d'une façon certaine que plusieurs de ces accidents se réduisent en réalité à des *torsions très brusques*, généralement fort accentuées.

Nous avons pu ainsi relever la présence de *quatre torsions* grossièrement parallèles, s'étageant sur le flanc ouest du promontoire de la Bastille et dont les axes, dirigés d'abord E-O dans le voisinage de la ligne de faîte, s'incurvent de façon sensible vers le N-O dans la direction de Saint-Martin-le-Vinoux. Ce sont du Nord au Sud :

1° La torsion n° 1 qui relie les couches très redressées de la Porte de France et du Jardin des Dauphins aux couches renversées très nettement visibles dans la carrière abandonnée située en haut du chemin de la Rochette (Carrière à *Pygope janitor* Pict. sp.). Des preuves remarquables de cette torsion nous ont été fournies : (*a*) au sud de cette carrière, où nous avons relevé dans l'assise supérieure du Tithonique une torsion de 40° sur une longueur de $5^m$ à $6^m$; (*b*) non loin de la poterne inférieure de l'ancienne route Rabot-Bastille; (*c*) dans l'Enclos du couvent de Sainte-Marie.

---

[1] Séance du 16 janvier 1922.

[2] W. Kilian, *Les dislocations de la Montagne de la Bastille, près Grenoble* (*C. R. de l'Association française pour l'Avancement des Sciences*, 8 août 1904 avec carte, photographies, coupe et schémas).

2° La torsion n° 2, beaucoup plus brutale, raccorde, par un faible changement de direction et un brusque changement de pendage, les couches renversées de la carrière à *Pygope janitor* Pict. sp. aux assises peu inclinées supportant les deux échauguettes des fortifications ouest :

*a*. Contre le mur d'escarpe du fossé ouest, au-dessus de l'octroi de la route de Clémentières, les couches renversées de Tithonique se redressent à la verticale. En remontant le fossé, on passe peu à peu au pendage du paquet supérieur.

*b*. Derrière la poudrière A. M. de Rabot, nous avons trouvé du Kiméridgien en place qui raccorde parfaitement les deux pendages précédents.

*c*. La même disposition se retrouve au pied des remparts bordant le sommet de l'Enclos, dans le Séquanien, cette région marquant d'ailleurs la terminaison orientale de la torsion.

3° La torsion n° 3, orientée sensiblement NS, faible au Nord dans le Tithonique sur le bord occidental du plateau de la Bastille, plus brusque au Sud, près de la route militaire Rabot-Bastille, dans le Séquanien où elle se complique d'une cassure. Elle ne tarde pas à s'atténuer à l'Est, près de l'ancienne poterne de la route Rabot-Bastille.

4° La torsion n° 4 qui passe au pied des escarpements du Mont Jalla dans les couches du Tithonique redressées à la verticale, puis dans le Kiméridgien et vient s'achever dans le Séquanien vers les batteries, au nord du plateau de la Bastille.

Telles sont les torsions principales que nous avons relevées. Il en existe d'autres secondaires, et, dans le Séquanien notamment, nous avons constaté la présence d'un certain nombre de flexions très accentuées, accompagnées souvent de légères cassures intéressant un banc ou deux, mais qui ne sauraient être interprétées comme des failles véritables.

Il existe néanmoins dans la montagne de la Bastille deux cassures importantes. L'une d'elles (*Faille de la Saucisse*) sectionne nettement les assises du Kiméridgien, du Tithonique et du Berriasien de la route militaire Rabot-Bastille jusqu'aux environs de Saint-Martin-le-Vinoux. Sa projection horizontale a la forme d'un S retourné, orienté sensiblement NO dans son ensemble. Des observations souterraines faites dans les galeries de la Société des Ciments de la Porte de France nous ont donné comme caractéristiques du miroir de faille, à la hauteur du puits de décharge de la Saucisse, une direction de 28° NO et un pendage de 60° NE.

L'autre faille (*Faille du Jalla*) a son origine au sommet du Mont Jalla, où elle sectionne le Tithonique, fait apparaître le Kiméridgien vers la cheminée Saint-Martin (Société des Ciments de la Porte de France), contourne le grand banc rocheux au-dessus de Saint-Martin-le-Vinoux et disparaît au nord du restaurant de Bellevue, dans les marnes au-dessus de Tallières. Il existe également d'autres failles à rejet très faible, non observables en surface par suite des éboulis qui les recouvrent, mais que nous avons pu néanmoins relever dans les galeries d'exploitation des ciments de la Porte de France.

Ces failles, au nombre de trois, sont orientées l'une NO-SE; la moyenne des deux autres E-NE. Elles passent approximativement à 1100$^m$ au nord des Combes et leur rejet varie de 3$^m$ à 6$^m$.

En résumé [1], nous pouvons distinguer dans le promontoire qui domine si pittoresquement Grenoble au Nord :

1° Une partie septentrionale constituée par les couches du mont Jalla, régulièrement disposées, qui se déploient en éventail à mesure qu'elles descendent et, d'une direction de 12° NE et un pendage de 55° ouest au sommet, passent, auprès des Combes, à une direction de 62° NE et à un pendage de 25° NO; à la hauteur de Bellevue elles sont ramenées à un pendage de 55° ouest par la *faille du Jalla.*

2° Une partie méridionale, constituant le promontoire de la Bastille, déplacée vers l'Est par rapport à la précédente d'environ 500$^m$ à la base. En même temps, sur ces assises refoulées, se sont produits des plissements allant en s'accentuant vers le Sud jusqu'à provoquer une rupture diagonale des calcaires du Jurassique supérieur (*faille de la Saucisse*).

Le résultat de ces actions multiples (*torsions* et failles) est la formation dans le promontoire de la Bastille et le mont Jalla de *trois tranches* à peu près délimitées à la façon des touches d'un clavier.

Nous avons cru intéressant de relever en détail la position et la nature de ces accidents, car ils peuvent présenter un certain intérêt en vue d'une révision de la tectonique de la partie orientale des chaînes subalpines dauphinoises. Ces dislocations, si voisines de celles de la bordure orientale du Vercors, ont très probablement avec celles-ci une origine commune que seule une étude minutieuse de toute cette région pourra mettre en lumière.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur quelques Poissons néocomiens de la Haute-Marne et de la Meuse.* Note de M. G. Corroy, présentée par M. Pierre Termier.

1° Cornuel [2] et M. Leriche [3] rapportent au *Mesodon* cf. *gigas* Agassiz, deux dents du calcaire à Spatangues de la Haute-Marne ; dents de

---

[1] Une étude très détaillée avec carte, photographies, coupes et stéréogramme, sera publiée prochainement.

[2] Cornuel, *Descriptions de Poissons fossiles provenant principalement du Calcaire néocomien de la Haute-Marne* (*B. S. G. F.*, 3e série, t. 5, 1877, p. 604); *Note sur de nouveaux débris de Pycnodontes portlandiens et néocomiens de l'est du Bassin de Paris* (*B. S. G. F.*, 3e série, t. 8, 1879, p. 159).

[3] M. Leriche, *Sur quelques Poissons du Crétacé du Bassin de Paris* (*B. S. G. F.*, 4e série, t. 10, 1910, p. 455).

grande taille venant de la rangée principale de spléniaux, d'une forme très voisine en effet de *Mesodon gigas*, si abondant dans le Kiméridgien du Jura neufchâtelois. On peut voir, d'autre part, dans les galeries du Muséum national d'Histoire naturelle, cinq dents isolées, attribuées à cette espèce, venant de l'Hauterivien de Saint-Dizier. Je possède également plusieurs de ces dents énormes trouvées à Brillon et Bettancourt.

Enfin, j'ai eu le loisir d'étudier au Laboratoire de Zoologie de la Faculté des Sciences de Nancy une pièce fort belle, donnée par M. Thiéry, et qui fut découverte dans les carrières hauteriviennes de Ville-sur-Saulx. C'est la dentition d'un splénial droit comptant 49 dents et qui est bien celle d'un *Mesodon gigas*. Sans doute, ces dents ont appartenu à un individu non encore adulte, car elles n'ont ni la taille ($28^{mm}$ pour les maxima au lieu de $35^{mm}$), ni l'usure des types âgés. Elles se dénombrent ainsi :

| | |
|---|---|
| Rangée principale........................ | 10 dents |
| Rangée intermédiaire adjacente.......... | 14 » |
| Première rangée externe.................. | 14 » |
| Seconde rangée externe.................. | 8 » |
| Rangée interne.......................... | 3 » |

Le *Mesodon gigas* Agassiz a donc bien vécu dans la mer hauterivienne du Bassin de Paris, Priem [1] signalant déjà quelques dents à Vaux (Yonne).

2° La collection Moreau, conservée à Nancy au Laboratoire de Géologie, a attiré mon attention sur deux spléniaux de l'Hauterivien de Ville-sur-Saulx, que j'attribue au *Mesodon robustus* Cornuel. Or cette espèce n'a été signalée que dans le Barrémien de cette région (Saint-Dizier). Le splénial droit compte 35 dents dont six très fortes à la rangée principale et l'emplacement de trois. Le splénial gauche, 23 dents et l'emplacement de huit.

3° *Mesodon heterotypus* Cornuel est bien une espèce à maintenir dans le Néocomien du Bassin de Paris. La seule description que Cornuel en donne, sur un fragment de vomer des environs de Vassy, dénote la présence de dents très particulières, principalement celles de la rangée externe. Un fragment de vomer plus important (Hauterivien de Vassy, collection Moreau) montre précisément les dents externes si caractéristiques, hautes, à faces triangulaires, à sommet et angles émoussés.

4° M. Leriche regarde comme peu certaine la présence de *Cœlodus Mantelli* Agassiz dans le Néocomien du Bassin de Paris, d'après les restes insuf-

---

(1) PRIEM, *Etude des Poissons fossiles du Bassin de Paris* (*Ann. de Paléontologie*, 1908).

fisants que Cornuel signale. Un vomer en excellent état (Hauterivien de Bettancourt) me permet de confirmer la détermination de Cornuel. Cet échantillon correspond à la taille des vomers de *Cœlodus Mantelli*, nombreux dans le Wealdien d'Angleterre [1] : $20^{mm}$ sur $10^{mm}$. Il porte cinq rangées de dents se répartissant ainsi :

Cinq allongées et quatre ovalaires à la rangée pricipale;

Onze pour les rangées internes avec l'emplacement de cinq;

Dix pour les rangées externes avec l'emplacement de quatre.

Sur le côté droit on remarque en outre deux dents de remplacement, ce qui indique un individu d'un âge peu avancé. Cette espèce serait donc arrivée par le Nord dans le Bassin de Paris.

5° Enfin un Lamnidé : *Odontaspis macrorhiza* Cope, mut. *infracretacea* Leriche, est beaucoup moins rare qu'on ne le pensait. Je possède de nombreuses dents de cette espèce : Hauterivien de Vassy, Brillon, Saint-Dizier.

En résumé, ces observations permettent d'apporter plus de précision à nos connaissances sur la faune ichtyologique néocomienne du Bassin de Paris, notamment en ce qui concerne l'existence de plusieurs Pycnodontes.

PALÉONTOLOGIE. — *Sur l'aire de dispersion de Dyrosaurus, Crocodilien fossile du Nord-Ouest africain.* Note de M. L. **Joleaud**, présentée par M. Émile Haug.

*Dyrosaurus phosphaticus* Thom. [2] est un Crocodilien longirostre des phosphates de Gafsa (Tunisie) : ses principaux caractères en font un Téléosaurien archaïque ayant persisté longtemps après la disparition, à la fin du Jurassique, de presque tous les genres de cette famille [3]. Un autre Téléosaurien à cachet aussi très ancien, *Teleorhinus Browni* Osborn, a été décrit du Turonien de Fort-Benton (Montana, États-Unis) : les deux Reptiles

(1) Smith-Woodward, *Catalogue of the fossil Fishes in the British Museum*, vol. 1, 1889.

(2) Le nom de *D. thevestensis* Pomel me semble pouvoir être conservé pour désigner la variété de Tebessa, légèrement différente de celle de Gafsa, d'après le fragment de rostre que j'ai recueilli dans la première de ces localités [voir A. Thevenin, *Le* Dyrosaurus *des phosphates de Tunisie* (*Ann. de Paléont.*, t. 6, 1911, p. 95-106, pl. XIV-XVI, notamment p. 106, pl. XV, fig. 2)].

(3) Il est très regrettable que deux noms presque homonymes et homophones, d'orthographe d'ailleurs à peine différente, *Dyrosaurus* Pomel et *Dryosaurus* Marsh, désignent l'un un Crocodilien, l'autre un Dinosaurien.

d'Amérique et de Berbérie sont, comme l'a fait remarquer A. Thevenin, assez voisins l'un de l'autre. Un troisième Téléosaurien postjurassique, *Congosaurus Bequærti* Dollo ([1]), vient d'être découvert à Cabinda (Landana) : ce Reptile, dont le squelette a été trouvé avec des dents de *Lamna appendiculata* Ag., *Odontaspis macrota striata* Winkl., *Myliobatis* sp. et des coquilles de *Thersitea*, remonte au Montien, comme l'indique l'association de ces fossiles crétacés et éocènes. Les analogies constatées par le paléontologiste belge entre le Crocodilien du Bas Congo et celui de Berbérie viennent donc à l'appui de l'attribution au Montien que j'ai récemment proposée ([2]) pour les phosphates d'Algérie et de Tunisie.

Des vertèbres de *Dyrosaurus* ont été indiquées de deux localités de l'Afrique occidentale : 1° Abadion, près de Tokpli, sur la rivière Monu, à la limite du Dahomey et du Togo ([3]); 2° Anou Mellen, dans la vallée du Tilemsi, au nord de Gao (Soudan) ([4]). Dans cette dernière localité, M. Cortier a trouvé une vertèbre de ce Crocodilien avec une Huître campanienne, *Ostrea Pomeli* Coq. Peut-être convient-il d'attribuer au même animal le fragment de rostre recueilli aussi à Anou Mellen avec des Échinides montiens, *Linthia sudanensis* Bath., *Plesiolampas* cf. *Paquieri* Lamb. ([5]). A Abadion, *Dyrosaurus* est associé à diverses espèces de Poissons : *Pycnodus variabilis togoensis* Strom., *Hypolophites myliobatoides* Strom., *Myliobatis Dixoni* Ag., *Ginglymostoma* sp., *Odontaspis macrota striata* Winkl. Une faune presque identique caractérise le Montien de Landana ([6]) : *Hypolophites mayombensis* Ler., *Myliobatis dispar* Ler., *Ginglymostoma* sp., *Odontaspis macrota striata* Winkl., *Lamna appendiculata* Ag. Le genre le plus caractéristique, parmi ces Squales, *Hypolophites*, se rattache à *Rhombodus* de Maestricht et paraît être l'ancêtre de *Hypolophus* actuel. Le gisement de *Dyrosaurus* d'Abadion est sans doute montien et celui d'Anou Mellen peut être en partie sénonien, en partie montien.

*Teleorhinus*, *Congosaurus* et *Dyrosaurus* sont en somme trois Téléosauridés qui témoignent de la persistance de cette famille jurassique jusqu'au

---

([1]) *Sur la découverte de Téléosauriens tertiaires au Congo* (*Bull. Acad. roy. Belgique*, Cl. Sc., 1914, p. 288-298).

([2]) L. Joleaud, *Sur l'âge des dépôts de phosphate de chaux du Sud marocain, algérien et tunisien* (*Comptes rendus*, t. 174, 1922, p. 178-181).

([3]) E. Stromer, *Reptilien und Fischreste aus dem marinen Alttertiär von Südtogo* (*Westafrika*) (*Monatsb. deutsch. Geol. Ges.*, Bd. 62, 1910, p. 478).

([4]) A. Thevenin, *loc. cit.*, p. 108, pl. III, fig. 4, 4*a*, 4*b*.

([5]) Paul Lemoine, *Contributions à la connaissance géologique des colonies françaises*; VIII, *Sur quelques fossiles du Tilemsi* (*Soudan*) (*Bull. Soc. Philom.*, 1909, p. 102-104, pl. II, fig. 1*a*).

([6]) M. Leriche, *Les Poissons paléocènes de Landana* (*Congo*) (*Ann. Mus. Congo belge : Géol. Pal. Min.*, III; *Bas et Moyen Congo*, I, II. 1913, p. 65-91, pl. VIII-X).

Turonien, dans l'Amérique du Nord, et jusqu'au Montien, en Afrique. Un autre Reptile de Gafsa a été aussi envisagé comme un type jurassique ayant subsisté au début du Tertiaire. G. de Stefano [1] l'a nommé *Plesiosaurus phosphaticus*, mais H. Douvillé et A. Thevenin tendraient plutôt à en faire un Crocodilien. Je ne connais d'aussi grands Reptiles, à dents mesurant au moins $120^{mm}$ de longueur, que parmi les Plésiosauriens et les Mosasauriens (*Hainosaurus, Mosasaurus giganteus*). *Les mers continentales d'Afrique abritaient donc encore, à l'aurore des temps éocènes, une faune résiduelle jurassico-crétacée se propageant de la Berbérie au Congo par l'Afrique occidentale.*

*Avec ces animaux à physionomie archaïque vivaient alors en Afrique des précurseurs des éléments caractéristiques de milieux biologiques européens plus récents.* Les Zeuglodontidés archaïques, *Pappocetus Lugardi* Andr., de l'Éocène inférieur d'Ombialla (Nigeria du Sud), *Protocetus atavus* Fraas et *Eocetus Schweinfurthi* Fraas, du Lutétien supérieur de Mokattam (Égypte), ont précédé *Zeuglodon*, qui apparaît seulement à l'Éocène supérieur en Angleterre et dans le Sud-Est des États-Unis. On peut noter aussi comme caractéristique de la sous-province marine africaine l'apparition précoce de certains types de Poissons qui ne se montrent que beaucoup plus tard en Europe : *Myliobatis* débute au Maestrichtien à Gafsa, au Montien au Congo, *Ginglymostoma* apparaît au Montien à Gafsa, alors que tous deux n'arrivent qu'au Thanétien en Europe; *Aëtobatis* et les Carcharidés reconnus dans le Montien de Berbérie ne pénètrent dans les mers d'Europe qu'au Cuisien.

Parmi les Chéloniens de l'Éocène inférieur africain figurent, à côté d'espèces marines : *Cosmochelys Dolloi* Andr., Dermochélyidé d'Ombialla, *Lytoloma Douvillei* Stef. et *Caretta phosphatica* Stef., Chélonidés de Gafsa, des types d'eau douce : un Chélydridé, *Gafsachelys phosphatica* Stef. de Gafsa et un Péloméduside, *Podocnemis congolensis* Dollo, de Landana. Les Chélydridés, représentés dans le Purbeck et le Weald par *Tetrosternum*, ne comptent plus aujourd'hui que quatre espèces appartenant à trois genres : *Chelydra*, dont l'aire disjointe embrasse les États-Unis, le Mexique et le Guatemala, d'une part, l'Équateur d'autre part; *Macroclemmys*, répandu du Missouri à la Floride et au Texas; *Devisia*, de la Nouvelle-Guinée. L'ensemble de ces dispersions géographiques, dissocié en trois tronçons, occupe les extrémités du grand géosynclinal transverse; il témoigne de la très ancienne adaptation des Chélydridés à la vie des eaux

---

(1) *Nuovi Rettili degli strati a fosfato della Tunisia* (*Boll. Soc. Geol. Italiana*, t. 23, 1903, p. 51-80, pl. IV).

douces, comme le faisait présager leur découverte dans le Jurassique supérieur continental de nos pays. Le genre *Podocnemis*, qui offre, à son tour, une double localisation actuelle, dans les Guyanes et le Brésil (six espèces), d'une part, à Madagascar (une espèce), d'autre part, est connu, à l'état fossile, d'Angleterre (Éocène inférieur), de Malte (Miocène inférieur), d'Égypte (Éocène supérieur à Miocène inférieur) et de l'Inde (Éocène inférieur). *Les eaux douces présentent donc en Afrique, à l'aurore des temps éocènes, comme le milieu marin, l'association de types jurassico-crétacés persistant plus ou moins longtemps (Gafsachelys) et de genres précurseurs des faunes éocènes (Podocnemis).*

POLARIMÉTRIE ET ACTINOMÉTRIE. — *Observations relevées au mont Blanc.* Note de M. A. **Boutaric**, présentée par M. J. Violle.

1. Du 31 juillet au 7 août 1921 j'ai effectué à l'Observatoire Vallot du mont Blanc (4350$^{m}$) une série de mesures actinométriques et polarimétriques.

Le Tableau suivant donne le relevé horaire [1] : 1° des polarisations P de la lumière diffusée par le ciel, dans le vertical du Soleil et dans la direction située à 90° du Soleil (mesurées par le photopolarimètre de Cornu); 2° des intensités $i$ du rayonnement solaire en calories-grammes par centimètre carré et par minute (mesurées par le pyrhéliomètre à compensation électrique de Knut Angström).

*Relevé horaire des observations polarimétriques et actinométriques.*

| | 1er août. | | 2 août. | | 4 août. | | 6 août. | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| h | P. | *i.* | P. | *i.* | P. | *i.* | P. | *i.* |
| 7 | 0,62 | 1,358 | » | » | 0,35 | » | 0,61 | 1,386 |
| 8 | 0,62 | 1,464 | » | » | 0,35 | 1,404 | 0,58 | 1,486 |
| 9 | 0,62 | 1,514 | » | 1,514 | 0,34 | 1,460 | 0,65 | » |
| 10 | 0,62 | 1,544 | 0,61 | 1,544 | » | 1,493 | » | » |
| 11 | 0,63 | 1,558 | » | 1,558 | » | 1,512 | » | » |
| 12 | » | 1,560 | » | » | » | » | » | » |
| 13 | 0,62 | 1,550 | » | » | » | » | 0,64 | 1,540 |
| 14 | 0,62 | 1,538 | » | » | 0,52 | 1,512 | 0,64 | 1,520 |
| 15 | 0,60 | 1,501 | » | » | » | 1,480 | 0,66 | 1,484 |
| 16 | 0,59 | 1,448 | » | » | 0,61 | 1,436 | 0,65 | 1,440 |
| 17 | 0,61 | 1,366 | » | » | » | 1,349 | 0,68 | 1,349 |
| 18 | » | 1,198 | » | » | » | » | 0,68 | 1,145 |
| 18,45$^{m}$ | 0,68 | » | » | » | » | » | » | » |

[1] Les heures sont évaluées en temps solaire vrai au mont Blanc.

1er *août.* — Belle journée, mais nuages en dessous de l'Observatoire, sur les plaines.

2 *août.* — Le matin, ciel clair, mais nuages et brume sur la vallée; vers $12^h$, les nuages montent et enveloppent l'Observatoire.

4 *août.* — Après une nuit de violente tempête, accompagnée d'une chute abondante de neige, le temps est clair; mais il y a partout de la neige fraîche, et, en dessous de l'Observatoire, des nuages.

6 *août.* — Belle journée; l'atmosphère est parfaitement transparente, tant au-dessus qu'en dessous de l'Observatoire (on distingue très nettement la vallée de Chamonix).

2. L'examen de ce Tableau permet de formuler quelques remarques :

*a.* Les valeurs horaires de $i$ suivent d'assez près la moyenne publiée par M. J. Vallot et relative à des « journées exceptionnelles » (1).

*b.* Bien qu'au mont Blanc l'atmosphère soit très pure (ce qu'indiquent les valeurs élevées du rayonnement solaire), la polarisation de la lumière diffusée par le ciel n'est pas exceptionnellement forte. Elle n'a pas dépassé 0,68, tandis que Cornu (2) signale avoir observé, en plaine, des polarisations de 0,80. Il faut, je crois, attribuer cet affaiblissement au pouvoir diffusif intense de la neige : la lumière diffusée par la neige, suivant toutes les directions, se superpose, dans l'atmosphère, à la lumière solaire directe et diminue notablement la proportion de lumière polarisée.

*c.* Pour cette raison, la polarisation du ciel ne révèle pas aussi nettement qu'en plaine la transparence de l'atmosphère (3). Ainsi, la polarisation était plus faible le 1er août que le 6 août, bien que l'atmosphère fût plus transparente (comme le montre la comparaison des intensités du rayonnement solaire dans l'après-midi) : c'est que le 1er août, il existait, en dessous de l'observatoire, sur la vallée, une mer de nuages très dense qui diffusait beaucoup de lumière. De même, dans la matinée du 4 août, la polarisation de l'atmosphère a été très faible, bien que la transparence ne fût pas particulièrement réduite : c'est qu'une chute abondante de neige s'était produite dans la nuit, recouvrant de neige fraîche les environs de l'observatoire, tandis que des nuages s'étendaient sur la vallée.

(1) J. Vallot, *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1337.

(2) A. Cornu, *Association française pour l'Avancement des Sciences*, Limoges, 1890, 2e partie, p. 268.

(3) A. Boutaric, *Thèse*, 1918, et *Annales de Physique*, 9e série, t. 9, p. 113. — Voir également *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1519.

MÉTÉOROLOGIE. — *Sur la climatologie du Maroc.*
Note de M. **Louis Gentil**, présentée par M. L. Mangin.

La climatologie du Maroc est encore peu connue. Du moins, si l'on compare la carte des pluies de la plus grande partie du Maghreb (le Maroc oriental excepté), publiée en 1900 par Theobald Fischer [1], à celle que vient de faire paraître M. Augustin Bernard [2], on est frappé de leur ressemblance, malgré la gamme des isohyètes plus détaillée dans la seconde que dans la première. Or nous possédons maintenant une documentation bien plus riche, grâce au nombre des stations réparties sur toute l'étendue du Protectorat, dès l'année 1912, par l'initiative de M. Malet, directeur général de l'Agriculture à Rabat.

Th. Fischer n'avait à sa disposition que les mesures effectuées dans la zone du littoral atlantique et à Marrakech; il les a heureusement complétées par des faits observés, au cours de ses itinéraires, sur les régions naturelles qu'il a traversées.

J'ai exposé brièvement, au début de 1912, l'état de cette question [3], en y ajoutant quelques remarques personnelles sur les caractéristiques climatiques des diverses régions que j'avais parcourues.

Depuis, je me suis toujours attaché à observer le climat par ses influences, non seulement sur la morphologie du sol, mais encore sur la répartition des plantes et les associations florales. L'étude du tapis végétal est, en effet, de nature à jeter parfois une vive lumière sur le climat, en l'absence de toutes mesures météorologiques. Et il est possible, par la considération du régime des vents et de l'influence des reliefs, d'expliquer, en bien des cas, des caractères géobotaniques fort intéressants.

Une mission effectuée l'an dernier, avec la Société botanique de France, m'a permis de contrôler, par les déterminations de ses membres, notamment celles de MM. Braun et Lemaire, les données climatiques que j'avais établies. J'attirerai, à ce point de vue, l'attention sur deux régions du Maroc :

1° *Maroc oriental.* — On ne saurait adopter sans réserves la distribution

---

(1) *Zeitsch. d. Gesel. f. Erdk. z. Berlin*, Bd 35, 1900, n° 6, p. 365-417, Taf. 10.

(2) *Le régime des pluies au Maroc* (*Mém. S. Sc. Nat. du Maroc*, Rabat, 1921).

(3) *Le Maroc physique*. Paris, Alcan, édit.; 1912, p. 244-271.

des zones de pluies figurées sur la carte de M. Augustin Bernard, dans le Maroc oriental.

Il me semble difficile d'admettre, en effet, que toute la région comprise entre Oujda et Taza, le pied sud-est du Moyen Atlas et la mer, reçoive annuellement de 300$^{mm}$ à 400$^{mm}$ d'eau.

J'ai fait remarquer, autrefois, que le climat relativement humide des environs d'Oujda (environ 300$^{mm}$) passait assez brusquement à l'ouest, dans la plaine d'Angad, à un climat de steppe bien caractérisé (¹). Dans la moyenne Mlouya, entre El Aïoun Sidi Mellouk et Mçoun, on se trouve dans une région subdésertique où affleurent des terrains tertiaires et quaternaires qui caractérisent, dans le Tell, les régions les plus fertiles de l'Algérie. En se dirigeant de l'est vers l'ouest, on constate que l'alfa (*Stipa tenacissima*) recouvre les collines calcaires, en continuité avec la grande extension de cette plante dans les Hauts plateaux oranais. Puis, à partir de Mestigmer, on observe la végétation d'une steppe subdésertique : *Launeæ arborescens* du Sud-oranais, *Anabasis aphylla*, *Marrubium Alysson*, *Artemisia herba-alba*, etc., avec quelques formes spéciales à ces régions (²).

Il en résulte que les isohyètes de 200$^{mm}$ et de 100$^{mm}$ des régions désertiques doivent s'incurver fortement vers le nord et recouvrir la plus grande partie de la vallée de la haute et moyenne Mlouya. J'ai expliqué les caractères climatiques de ces régions par un régime de vents du sud et du sud-ouest, qui étendent la sécheresse désertique de l'Extrême Sud-marocain, jusqu'au contact des massifs des Beni Snassen et des Beni Bou Yahi (³).

Cette zone subdésertique s'arrête brusquement, à l'ouest de Mçoun, vers la ligne de partage du réseau méditerranéen de la Mlouya et du réseau atlantique du Sebou. On passe brusquement à la région très arrosée de Taza, caractérisée par des pluies de reliefs.

2° *Maroc sud-occidental.* — La zone de steppes indiquée par Th. Fischer sur sa carte (⁴) s'expliquerait difficilement si l'on attribuait les zones décroissantes de moyennes de pluies, depuis la côte de Mazagan jusqu'au pied de l'Atlas, à l'influence exclusive des vents marins.

Les isohyètes croissent, en effet, dans la plaine, au delà de la zone steppique, avant d'atteindre les contreforts de la grande chaîne où la détente adiabatique de l'air commence à s'exercer sur les vents maritimes, déjà dépouillés d'une partie de leur humidité. Aussi convient-il d'expliquer les chutes d'eau sur la grande chaîne, enveloppée

(¹) *L'Amalat d'Oujda. Étude de géographie physique* (*La Géographie*, t. 23, 1911, p. 17 et 330).

(²) J'emprunte ces déterminations et les suivantes à M. Maire.

(³) *Notice sur les Travaux scientifiques*, 1918, p. 128; Paris, E. Larose, édit.

(⁴) Elle est caractérisée par : *Launeæ nudicaulis*, *Calendula ægyptiaca*, *Pennisetum ciliare*, *etc.*, parmi lesquelles de nombreuses espèces de steppes algériennes,

de l'isohyète 800, par l'influence des vents du nord-est en hiver, du nord et du nord-est en été.

Les caractères géobotaniques de ces régions viennent confirmer, de façon lumineuse, cette interprétation.

Je ferai abstraction de la présence de l'Arganier (*Argania syderoxylon*), qui est considéré comme représentant les vestiges d'une flore tropicale ancienne (1). Je ferai seulement remarquer que cette essence se poursuit au delà d'Agadir et je pense que son extension vers Aoulouz, au pied méridional du Haut Atlas, est de nature à modifier sensiblement le tracé des isohyètes de la carte de M. A. Bernard; parce que je crois avoir montré que l'aire géographique de cet arbre de la famille du bois de fer est exclusivement fonction du climat (2).

Il est plus important de constater que les influences méditerranéennes se font sentir, parfois très manifestement, sur les associations florales du pied septentrional de l'Atlas. Les déterminations des membres de la Société Botanique de France sont des plus instructives à cet égard.

Dans la région de Mogador la végétation qui accompagne l'Arganier est très différente de celle des steppes sud-marocaines. La flore méditerranéenne y réapparaît avec des éléments endémiques : *Asparagus albus*, *Anagyris fœtida*, *Clematis cirrhoza*, *Asphodelus microcarpus*, *Scabiosa maritima*, etc. Plus au sud, au Dj. Amsiten, une flore sub-saharienne (*Rhus oxyacantha*, *Wariona Saharæ*, *Bupleurum rigidum*, etc.) contraste avec les affinités méditerranéennes de la forêt d'Arganiers située à ses pieds.

Mes compagnons de voyage ont été fort surpris de ces caractères géobotaniques du Sud-Ouest marocain, puisqu'il s'agit de la zone littorale *atlantique* située à plus de 600$^{km}$ du point le plus proche du littoral *méditerranéen*. Mais j'ai toujours été frappé de l'influence des vents N. et N.-E. sur le climat de ces contrées.

Non seulement le Haut Atlas forme une barrière climatique qui sépare la zone maritime de la zone désertique du Sahara, mais la grande différence des chutes de neige, en hiver, sur les deux versants de la chaîne, est en partie due aux apports des vent N. et surtout N.-E. venus de la Méditerranée. L'influence de ces vents sur la croissance et dissémination d'espèces végétales méditerranéennes, dans la zone steppique et sur les premiers contreforts de l'Atlas, s'explique non moins aisément.

---

(1) Louis Gentil, *L'Arganier ou l'arbre du Sous* (*Maroc*) (*La Nature*, Paris, 10 février 1906, p. 171).

(2) *Explorations au Maroc*, 1906, p. 341-354; Paris, Masson, édit.

MÉTÉOROLOGIE. — *La signification des cirrus dans la prévision du temps.* Note ([1]) de MM. **Ph. Schereschewsky** et **Ph. Wehrlé**, présentée par M. R. Bourgeois.

*Position du problème.* — L'observation systématique du ciel (Howard, Poëy,...) a montré que les formes nuageuses, du beau temps à la pluie, ne se succédaient pas dans un ordre arbitraire. Les cirrus, têtes de ces séries chronologiques, de ces « passages nuageux », ont été souvent considérés comme annonciateurs du mauvais temps. La signification ainsi attribuée à ces nuages a donné lieu à de nombreuses controverses.

Les essais tentés pour lier l'étude des cirrus à celle des dépressions ne pouvaient conduire à aucun résultat positif, parce que le rattachement du mauvais temps aux formes isobariques est injustifié.

La méthode rationnelle consiste à étudier les masses nuageuses indépendamment de la pression, mais en substituant le concept synoptique de *système nuageux* au concept local de passage nuageux.

*La notion de marge.* — En fait, la solution du problème des cirrus est donnée très simplement par les propriétés élémentaires des systèmes nuageux. On sait ([2]) que nous avons appelé ainsi les groupements des masses nuageuses dans l'atmosphère, groupements de vaste superficie, généralement mobiles, qui constituent de véritables individus doués de vie persistante, qu'on peut voir, sur les cartes synoptiques, naître, évoluer et mourir. Nous avons montré qu'ils étaient divisibles en trois secteurs principaux : à l'avant, une bande de ciel très nuageux par nuages élevés — *le front;* une masse centrale de plafond bas englobant les pluies — *le corps;* à l'arrière, une région où l'aspect du ciel est très varié, averses et ciels couverts voisinant avec des éclaircies — *la traîne* (cf. figure).

Il y a lieu de préciser cette structure et d'introduire un quatrième secteur constitué par les bordures latérales du corps où le ciel est nuageux par nuages élevés ou moyens. Nous les appelons *marges.* Ces marges peuvent s'étendre très loin du corps, parfois à une distance atteignant le diamètre de la France, les cirrus se raréfiant de plus en plus à mesure qu'on s'écarte de la masse centrale du système. Aussi dans la Note précitée n'avons-nous

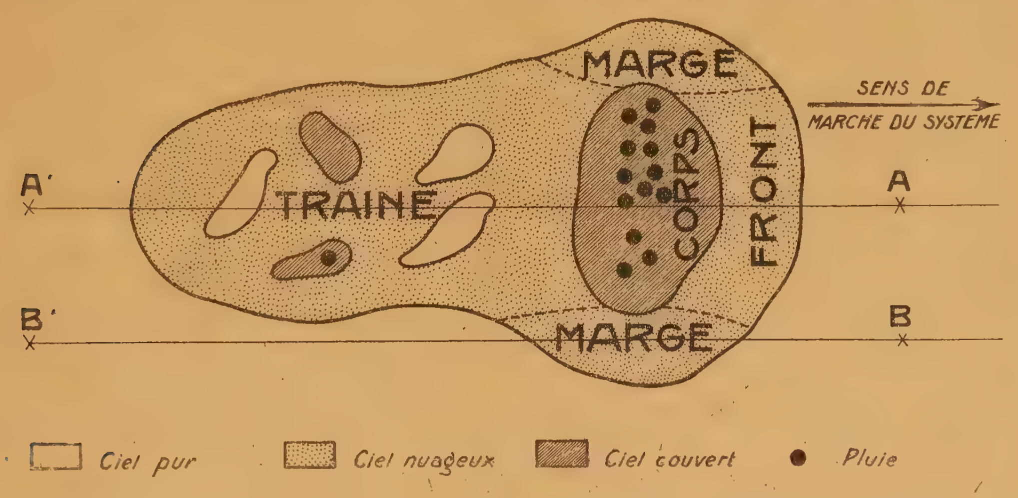
---

([1]) Séance du 23 janvier 1922.

([2]) Ph. Schereschewsky, *Sur les systèmes nuageux* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 1429).

pas jugé utile de considérer ces cirrus isolés, sur les confins extérieurs du front ou de la traîne, comme faisant partie du système nuageux; nous les avons classés, au même titre que les nuages locaux, dans l' « intervalle » qui sépare les systèmes nuageux. Mais il doit être entendu que cette simplification, commode dans la pratique, est artificielle. En fait, tout cirrus se rattache à un système nuageux. Ces nuages apparaissent dans tous les secteurs d'un système, sauf dans le corps; ils forment une vaste couronne qui déborde le système de tous côtés.

D'autre part ([1]), nous avons montré que le mouvement d'ensemble d'un système nuageux était celui des courants d'altitude moyenne, de sorte que sa direction et sa vitesse peuvent être différentes de celles de ses cirrus.




*Application aux passages nuageux.* — Un même système nuageux peut donner divers « passages » suivant la position de la station par rapport à son axe de marche (voir la figure).

Si la station se trouve en A, au voisinage de l'axe de marche, elle assistera successivement au passage du front, du corps et de la traîne. Mais si la station est désaxée en B, elle ne verra défiler que la marge; le passage nuageux avortera pour ainsi dire; le retour au ciel pur se fera sans même qu'il se soit formé un plafond continu et qu'on ait vu d'autres nuages que des cirrus et des alto-cumulus. Cette notion est d'ailleurs capitale en France, dont la moitié Nord se trouve très souvent en marge des systèmes nuageux très fréquents qui passent sur la Grande-Bretagne.

---

([1]) Ph. Schereschewsky et Ph. Wehrlé, *Sur le mouvement des noyaux de variations de pression* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1001).

*La signification des cirrus.* — Dans le premier cas l'apparition des cirrus annonce en effet la pluie et les coups de vent, mais dans le second cas elle signifie seulement qu'un système nuageux passe au large de la station. *En résumé, les cirrus sont toujours les indices de la proximite d'un système nuageux* ([1]), *mais ils ne signifient pas nécessairement que le système passera sur la station, que le temps se gâtera.* Pour en décider, il est indispensable que le météorologiste possède des cartes synoptiques lui permettant de déterminer la position, par rapport à la station, du système nuageux auquel se rattachent les cirrus, et le sens et la vitesse de son déplacement, d'où il déduira ([2]) quels secteurs intéresseront le ciel de la station. C'est seulement par l'étude du système nuageux correspondant qu'il pourra savoir si les cirrus ont une signification redoutable.

On peut se demander si les cirrus de front ne diffèrent pas des cirrus de marge, ce qui permettrait à l'observateur isolé de se prononcer sur le temps à venir? Il semble que les formes de cirrus, si variées, ne soient pas caractéristiques d'un *secteur* du système nuageux, mais du *type* (dépressionnaire ou orageux...) de ce système. Ce n'est que dans le *voisinage immédiat du corps* que l'observation du ciel suffit à trancher la question : front ou marge? Dans le front, les cirrus s'épaississent tendant à passer au cirro-stratus; dans la marge, des alto-cumulus lenticulaires s'ajoutent aux cirrus.

A supposer qu'un observateur sache d'une façon quelconque que c'est le front et non la marge qui débute au-dessus de lui, il ne pourra, de l'observation des cirrus, tirer avec certitude aucune conclusion supplémentaire. En particulier, des cirrus de front rapides ne prouvent pas que le mauvais temps arrivera vite, le mouvement de l'ensemble du système nuageux, comme nous l'avons vu, n'étant pas nécessairement celui de ses cirrus. Tout dépend de la vitesse des courants d'altitude moyenne et de la largeur du front. Là encore, il faut recourir à l'étude synoptique des systèmes nuageux.

---

([1]) Encore la marge pouvant être, comme nous l'avons vu, très profonde convient-il de ne pas discuter sur le mot proximité.

([2]) Soit par la considération des courants d'altitude moyenne, soit par la détermination des éléments de marche du noyau de variations de pression lié au système nuageux.

CHIMIE AGRICOLE. — *Relation entre l'indice de chlore et la teneur en azote de la terre végétale.* Note de M$^{lle}$ C. Veil, présentée par M. J.-L. Breton.

L'hypochlorite de soude, mis en contact avec les terres arables, s'appauvrit en chlore actif; il a été démontré que la proportion de chlore ainsi disparu, étroitement liée à leur teneur en humus, classe les terres suivant leur fertilité apparente ([1]).

Nous avons repris cette méthode pour examiner s'il y a une relation entre l'indice de chlore ainsi déterminé et la teneur en azote.

Nous dosons l'azote total par la méthode de Kjeldahl. Pour la recherche de l'indice de chlore, suivant les indications des auteurs de la méthode, nous opérons sur un volume déterminé de terre humide et non sur un poids sec. Nous avons vérifié par nous-même que la mesure faite toujours de la même manière donne une masse de terre sèche relativement indépendante de l'humidité. Nous nous sommes rendu compte qu'un volume de $10^{cm^3}$ de terre humide convenablement tassée, quelle que soit la nature de la terre, ramené à l'état sec donne toujours à peu de chose près un poids de $15^g$. Il y a exception pour des terres essentiellement formées de matières organiques qui sont particulièrement légères et dont l'indice de chlore est très élevé. Il y a exception aussi pour des terres formées de sable presque exclusivement quartzeux, terres qui sont lourdes avec un indice de chlore très faible. Résultats qui ne nous étonnent point si nous nous rapportons au poids spécifique des différents minéraux constitutifs de la terre arable.

Comme nous continuons, pour la méthode de l'indice de chlore, à rapporter notre dosage à un volume, nous n'hésitons pas à mettre en regard pour une même terre des rapports $\frac{\text{chlore}}{\text{terre}}$ en volume et $\frac{\text{azote}}{\text{terre}}$ en poids sec.

Nous nous adressons, bien entendu, à des terres pour lesquelles on n'a pas, autant que nous pouvons savoir, employé d'engrais chimiques. Nous avons pris un certain nombre d'échantillons dans les environs de Paris; d'autres viennent de Bretagne, puis de Haute-Marne, et nous avons généralisé nos résultats en opérant sur des terres marocaines.

---

([1]) L. Lapicque et N.-E. Barbé, *Comptes rendus*, t. 163, 1919, p. 48.

| | Rapport chlore terre en cm³ par cm³. | Rapport azote terre en grammes pour 100. |
|---|---|---|
| *Bois de Meudon.* | | |
| Plateau (5cm) superficiel | 45,50 | >4 |
| » (10cm) au-dessous | 15,75 | 1,34 |
| » (15cm) » | 7,75 | 0,92 |
| Fonds de ravin | 17,25 | 1,54 |
| *Carrières sous bois.* | | |
| Verger (25cm) profondeur | 15 | 1,70 |
| » (40cm) » | 9 | 0,85 |
| Champ fumé au fumier | 21,25 | 1,78 |
| » » | 18,75 | 1,25 |
| *Bretagne.* | | |
| Lande (20cm) profondeur | 37 | 4,5 |
| » (40cm) » | 32,5 | 4,3 |
| *Haute-Marne.* | | |
| Alluvions | 22,5 | 1,40 |
| Verger | 12 | 0,80 |
| Potager | 25 | 1,38 |
| *Maroc.* | | |
| R'Arb | 26,5 | 1,42 |
| R'Arb Camp de Sebou | 22,5 | 1,99 |
| Drâ el Merja (R'Arb) | 27,5 | 1,92 |
| Souk el Arbâa du R'Arb | 22,5 | 1,84 |
| Marnes helvétiennes près de Taza. Le Camp d'Arbal. | 12,5 | 0,99 |
| Fond lacustre dans le Pliocène entre Mehdya et Kenitra | 7,75 | 0,91 |
| Grès argilo-sableux tortoniens Sidi Abd el Kader, près Oued Tine, Est de Mechra bel Ksiri | 7 | 0,78 |

On voit que, d'une manière générale, une terre est d'autant plus riche en azote que son indice de chlore est plus grand. Nous pouvons établir nettement trois catégories :

1° La teneur en azote est supérieure à 4 pour 1000, l'indice de chlore est supérieur à 30, ce sont là des terres très riches.

2° La teneur en azote est inférieure à 1 pour 1000, l'indice de chlore oscille entre 7 et 12, chiffres qui nous indiquent nettement une faible teneur en humus.

3° Enfin nous avons une série de terres de richesse moyenne dont les indices de chlore s'étagent entre 15 et 27 parallèlement à des teneurs en azote supérieures à 1 pour 1000 et inférieures à 2 pour 1000.

CYTOLOGIE VÉGÉTALE. — *Sur l'origine des vacuoles aux dépens de l'aleurone pendant la germination des Graminées.* Note de M. **Pierre Dangeard**, présentée par M. P.-A. Dangeard.

Dans une Note précédente, nous indiquions que les vacuoles, dans une plantule de Pin maritime, dérivaient des grains d'aleurone préexistant dans la graine mûre ([1]). Nous avons ensuite montré que l'aleurone du Ricin avait la même évolution ([2]). Depuis, nos résultats ont été confirmés chez d'autres graines ([3]). Une étude du type des Graminées s'imposait, alors que M. Mottier vient de signaler que les grains d'aleurone du Maïs dérivent de primordia comparables à ceux des leucoplastes et des chloroplastes, c'est-à-dire d'organites que plusieurs auteurs nomment des *chondriosomes* ([4]).

De l'ensemble des résultats obtenus par nous chez les Graminées, il ressort au contraire que les grains d'aleurone représentent, comme dans les cas précédemment étudiés, l'état particulier du vacuome dans la graine, et que par conséquent il n'y a pas lieu de les désigner sous le nom de *protéoplastides*, ni d'admettre leur dérivation à partir de primordia comparables à ceux des chloroplastes.

Nous avons observé l'albumen et les divers organes de l'embryon au cours de la germination chez le Maïs, le Blé, l'Orge et l'Avoine. Les colorations vitales montrent que, pendant la germination, les cellules profondes d'albumen sont mortes et que seule reste vivante la couche périphérique ou assise protéique, quelquefois double ou triple (Orge). Cette assise reste active pendant longtemps et jusqu'à ce que la digestion soit complète. On y colore des grains d'aleurone sans inclusions (Maïs, *fig.* E) ou renfermant des globoïdes (Orge, Blé, Avoine). Ces grains se modifient peu pendant la durée

---

([1]) Pierre Dangeard, *L'évolution des grains d'aleurone en vacuoles ordinaires et la formation des tannins* (*Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 995).

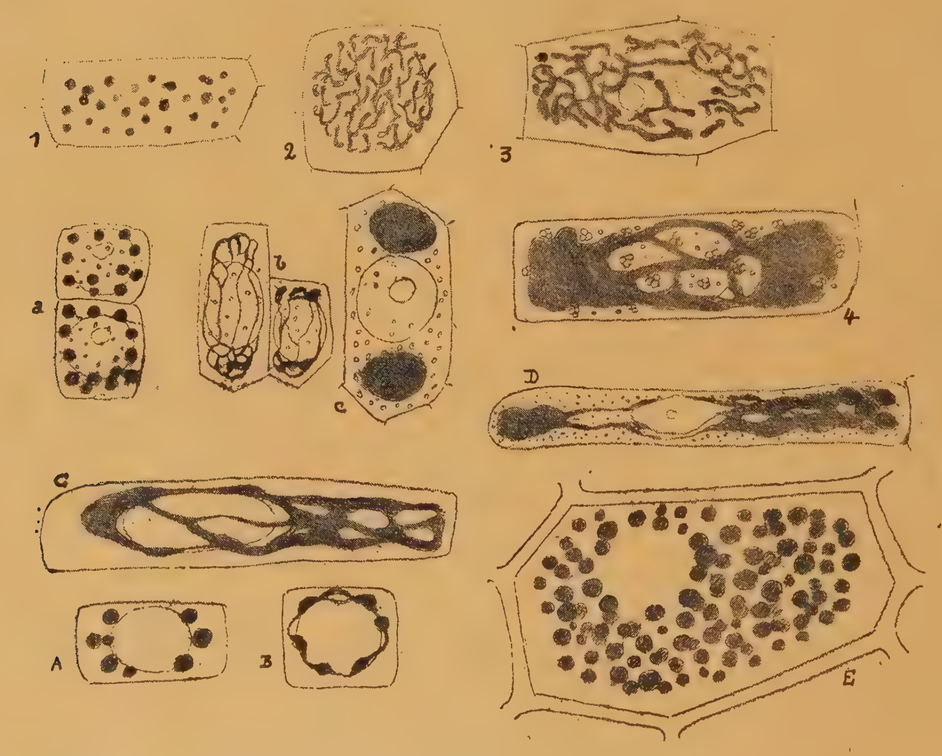
([2]) Pierre Dangeard, *Sur la formation des grains d'aleurone dans l'albumen du Ricin* (*Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 857).

([3]) Guilliermond, *Origine et évolution des vacuoles dans les cellules végétales et grains d'aleurone* (*C. R. Soc. Biol.*, 3 déc. 1921).

([4]) David M. Mottier, *On certain plastids, with special reference to the Protein bodies of Zea. Ricinus and Conopholis* (*Annals of Botany*, July 1921).

de la germination, mais à la fin de la période germinative, ils se transforment en vacuoles ordinaires et disparaissent.

On sait qu'il existe des grains d'aleurone dans les divers tissus de l'embryon. Ces grains donnent naissance aux vacuoles de la plantule. Cette évolution est particulièrement nette dans l'épiderme des jeunes racines où M. P.-A. Dangeard l'avait déjà




Cellules de Graminées colorées vitalement.

1, 2, 3, 4, cellules de l'épiderme de la jeune racine de Blé : 1, sur une germination de 5 heures (petits grains d'aleurone); 2, dans une germination de 48 heures (formes filamenteuses du vacuome); 3 et 4, deux stades plus évolués d'une plantule de même âge : *a*, *b*, *c*, cellules de l'épiderme de la jeune feuille d'Orge dans une germination de 24 heures, montrant trois stades successifs de l'évolution des grains d'aleurone (*a*) en vacuoles typiques (*c*); A, B, cellules d'endoderme, et C, cellule du méristème vasculaire dans le Blé germé de 48 heures; D, cellule de l'épiderme du cotyédon de l'Orge, plantule âgée; E, cellule de l'assise protéique du Maïs, plantule âgée.

signalée [1] dans le cas de l'Orge. Dans le Blé, l'Orge, l'Avoine, le Maïs, les grains d'aleurone d'une germination de quelques heures sont arrondis, très petits, nombreux et se colorent en rouge par le rouge neutre (*fig.* 1). Plus tard, ils subissent l'évolution en vacuoles et passent auparavant par des formes d'anastomose (filaments, réseaux) très remarquables dans le cas du Blé (*fig.* 2, 3 et 4).

---

[1] P.-A. Dangeard, *Sur la distinction du chondriome des auteurs en vacuome, plastidome et sphérome* (*Comptes rendus*, t. 169, 1919, p. 1005).

Les mêmes faits s'observent dans les divers méristèmes. Ceux-ci dans l'embryon renferment un certain nombre de grains d'aleurone arrondis; ils possèdent plus tard dans la plantule un petit nombre de vacuoles sphériques à contenu épais (*fig.* A). Plus tard encore, dans les cellules de la coiffe, de l'écorce et de la moelle, il y a rapidement formation de vacuoles typiques par rapprochement et fusion des vacuoles aleuriques. Dans le méristème vasculaire au contraire, les cellules qui s'allongent renferment de beaux réseaux (*fig.* C). Il est à noter que le méristème vasculaire se distingue nettement des autres par le contenu de ses vacuoles à réaction basique.

Le même cas se présente pour l'épiderme des jeunes feuilles de la gemmule qui se colore en rouge brique par le rouge neutre. Elles renferment pendant les premières heures de la germination des grains petits et isolés assez nombreux (*fig. a*). Plus tard, leur anastomose peut donner naissance à des réseaux très remarquables comme dans l'Orge (*fig. b*) ou bien leur fusion s'opère par mise en contact des vacuoles aleuriques gonflées. Le résultat est toujours la formation de vacuoles typiques (*fig. c*).

Le cotylédon absorbant renferme dans son épiderme d'assez nombreux et petits grains d'aleurone; ceux-ci se réunissent ensuite en masses irrégulièrement lobées (*fig.* D). La réaction de ces vacuoles est basique.

En résumé, dans les Graminées, nous avons constaté que les grains d'aleurone n'étaient pas des plastes particuliers, mais qu'ils représentaient des éléments du vacuome, comme ceux du Pin et du Ricin. Ce que nous avons déjà observé chez les Légumineuses est en faveur de la même opinion, pour ce groupe. Il est certain que les vacuoles des plantules se forment aux dépens de l'aleurone des graines et qu'il n'existe pas d'autre système de vacuoles prenant naissance différemment au cours de la germination. C'est là un phénomène fondamental au point de vue de l'histoire du système vacuolaire et nous avons été le premier à le mettre en évidence en suivant les idées directrices de M. P.-A. Dangeard (*loc. cit.*).

PHYSIOLOGIE. — *La tension superficielle et la narcose.* Note de M. **W. Kopaczewski**, présentée par M. d'Arsonval.

Dans une Note précédente (¹) nous avons établi que les principaux anesthésiques généraux et locaux diminuent la tension superficielle de l'eau et du sérum humain *in vitro;* que le chloroforme, l'éther et le chlorure d'éthyle pénètrent dans le sang pendant l'anesthésie et y provoquent un abaissement de la tension superficielle du sérum.

Tous ces résultats venaient directement à l'appui de l'hypothèse de

(¹) W. Kopaczewski et A.-H. Roffo, *Comptes rendus*, t. 170, 1920, p. 1409.

J. Traube et Czapek ([1]) concernant la corrélation entre la tension superficielle et la narcose. Toutefois les conclusions de ces auteurs ont été attaquées par différents auteurs et surtout par Viale ([2]). Cet expérimentateur n'a pas constaté d'abaissement de la tension superficielle dans la narcose par le chloroforme ou l'éther. En analysant soigneusement la technique de cet auteur, on est frappé par l'oubli de la rapidité d'élimination des anesthésiques généraux; Viale effectuait ses mesures 24 heures après la saignée de l'animal.

C'est pour élucider ce point de la question que nous avons entrepris les recherches suivantes :

Nous avons, en premier lieu, déterminé la tension superficielle de la presque totalité des anesthésiques, généraux ou locaux, et des analgésiques différents ou réputés comme tels (38 en tout).

Toutes ces déterminations ont été exécutées à l'aide de notre tonomètre, toujours à 25° C. et en suivant toutes les précautions utiles ([3]).

De ces résultats la conclusion se dégage que les anesthésiques, analgésiques et hypnotiques diminuent la tension superficielle de l'eau; ils la diminuent d'autant plus fortement que leur pouvoir narcotique est plus grand; cet abaissement varie de 1,5 dynes (phényl-éthyl-malonylurée, presque insoluble dans l'eau) à 56,0 dynes (éther pur).

Nous avons tenté d'apporter la preuve que les anesthésiques généraux diminuent également la tension superficielle du sérum durant la narcose.

On anesthésie un lot de cobayes avec le chloroforme, l'éther ou le chlorure d'éthyle; une fois l'anesthésie confirmée, on les saigne à blanc en ponctionnant le cœur avec un tube effilé et après cautérisation. On prélève environ 10$^{cm^3}$ du sang; on ferme l'orifice supérieure du tube avec un capuchon de caoutchouc; on place le tube dans une centrifugeuse et on le cale solidement en versant de la paraffine, liquide à 40° C.; on centrifuge; on prélève le sérum et l'on détermine tout d'abord sa tension superficielle puis sa densité; toute cette opération dure 15 à 20 minutes.

Voici quels résultats on obtient dans ces conditions :

| Substances. | Densités. | Tension superficielle. |
|---|---|---|
| 1. Sérum normal de cobaye | 1,0229 | 68,26 |
| 2. Sérum de cobaye pendant l'anesthésie chloroformique | 1,0130 | 59,69 |
| 3. » » » éther | 1,0104 | 60,65 |
| 4. » » » chlorure d'éthyle | 1,0173 | 59,85 |

([1]) J. Traube et Czpek, *Pflüg. Arch.*, 1911-1915.

([2]) Viale, *Archivio di Fisiol.*, t. 11, 1913, p. 535.

([3]) W. Kopaczewski, *Arch. de Physique biol.*, t. 1, 1921.

La tension superficielle du sérum sanguin est donc abaissée du fait de la narcose, d'environ 10 dynes par centimètre.

Mais, effectivement, on n'observe aucun abaissement de la tension superficielle lorsqu'on néglige les précautions décrites.

L'examen attentif des chiffres obtenus soulève des questions importantes.

Le Tableau n'accuse que de faibles différences entre les tensions superficielles du sérum des animaux anesthésiés avec les trois anesthésiques généraux habituels. Le même fait a été constaté lors de la diffusion des vapeurs de ces anesthésiques dans le sérum à travers des membranes de collodion.

Et si l'on compare les quantités nécessaires pour provoquer l'anesthésie, les doses que les recherches de Nicloux ont fixé pour l'anesthésie confirmée et le degré d'abaissement de la tension superficielle du sérum *in vitro*, on ne peut pas ne pas y voir un certain parallélisme.

| | Chloroforme. | Chlorure d'éthyle. | Éther. |
|---|---|---|---|
| Doses anesthésiques.................. | 5 à 10g | 5 à 30g | 15-25g |
| Quantité dans le sang................ | 0g,051 | 0g,030-0g,200 | 0g,0150-0g,0180 |
| Abaissement de la tension superficielle (1 pour 100 d'anesthésique).......... | 20,0 p. 100 | 12,0 p. 100 | 5,0 p. 100 |

Toutefois il serait plus intéressant de comparer les résultats obtenus avec un plus grand nombre de substances. Malheureusement ces chiffres manquent totalement et ils sont difficiles à obtenir, étant données les variations extrêmes de la sensibilité d'un organisme aux anesthésiques analgésiques, etc.

A cette difficulté s'ajoute une autre, celle de savoir si les doses qu'on retrouve dans le sang au moment de l'anesthésie confirmée, sont véritablement en rapport avec le degré de pouvoir anesthésique de ces substances.

Quelques expériences semblent indiquer qu'il n'en est rien.

En effet, lorsqu'on injecte aux animaux ces doses directement dans le sang, on n'observe, ainsi que nous l'avons déjà relaté ([1]), que les signes d'un enivrement tout passager, sans abolition des reflexes et sans autres signes d'anesthésie.

La dernière idée qui se dégage de nos recherches est celle d'un parallélisme entre la narcose et le gonflement.

Parmi toutes les substances qui provoquent la narcose, il en est une

---

([1]) *Loc. cit.*

qui n'abaisse pas la tension superficielle : c'est la morphine. Or les recherches de Lapique et Legendre ([1]) ont établi que, dans ce cas, le gonflement du cylindraxe ne s'observe point.

Il y a également exception au sujet des sels de magnésium ; il sera donc intéressant de savoir si le gonflement du cylindraxe fait aussi défaut. Le mécanisme de la narcose semble, dans ce cas, être différent et reste à élucider.

Mais, d'une façon générale, les narcotiques et les anesthésiques abaissent la tension superficielle ; il y a un parallélisme entre ce degré d'abaissement et leur puissance narcotique.

Les recherches que nous poursuivons vont établir si, entre le degré d'abaissement de la tension superficielle et la modification du gonflement des tissus ou des colloïdes, le même parallélisme persiste. Dans l'affirmative, la question de la narcose trouvera une explication colloïdale.

ENTOMOLOGIE. — *La variation des pièces copulatrices chez les Coléoptères.* Note de M. **René Jeannel**, présentée par M. E.-L. Bouvier.

Les recherches que je poursuis depuis 15 années sur diverses familles de Coléoptères représentées dans la faune des cavernes m'ont montré quel rôle important la variation des pièces copulatrices mâles a dû jouer dans la production des espèces. Mes observations ont porté d'abord sur les *Silphidæ Bathysciinæ*, puis sur les *Catopinæ* et surtout sur les *Carabidæ Trechinæ* et divers genres de *Pselaphidæ* et de *Staphylinidæ*, autant sur des groupes cavernicoles que sur des lucicoles. La constance parfaite des faits observés dans des familles aussi diverses permet de supposer que l'étude de tous les groupes de Coléoptères conduira à des résultats identiques.

L'organe copulateur mâle des Coléoptères, excessivement variable, comprend toujours une pièce impaire tubuleuse (lobe médian de l'œdéagus) entourée de sclérites accessoires (paramère) et de segments abdominaux spécialisés (segments génitaux). Le lobe médian renferme la partie terminale différenciée du conduit éjaculateur, constituant un très curieux organe évaginable, armé de pièces chitineuses compliquées, qui sont les véritables pièces copulatrices dont la forme s'adapte à celle des pièces chitineuses de

(1) Lapique et Legendre, Communication verbale.

l'appareil copulateur femelle (*annulus receptaculi*). L'existence de ce « sac interne » de l'œdéagus des Coléoptères était à peine connue avant ma « Revision des *Bathysciinæ* » ([1]); personne en tout cas n'en avait décrit l'armature chitineuse, ni par conséquent soupçonné la grande importance taxonomique.

Chaque espèce possède une armature chitineuse spéciale du sac interne, absolument invariable; j'ai pu le constater en faisant systématiquement le plus grand nombre possible de préparations de l'œdéagus dans toutes les espèces des groupes étudiés et le nombre de ces préparations a atteint parfois la centaine pour certaines espèces à large dispersion géographique. Suivant les espèces le sac interne porte des pièces chitineuses de forme et de complication variables à l'infini; ces pièces se sont développées par suite de la spécialisation de dents ou d'épines élémentaires.

Dans le type le plus simple la surface interne du sac est couverte d'écailles chitineuses, ou d'épines en paquets, ou de dents crochues, qui se hérissent dans tous les sens lorsque le sac interne évaginé est retourné en doigt de gant; parfois on trouve un long stylet évaginable inséré vers la base du sac et libre dans sa cavité, stylet toujours formé par la soudure de quelques épines modifiées; très souvent ce sont des pièces compliquées, tordues, repliées, articulées les unes avec les autres, qui jouent pendant le retournement du sac et maintiennent sa rigidité une fois évaginé. La forme de ces pièces est toujours d'une fixité absolue dans chaque espèce.

D'autre part, le même type de pièces copulatrices du sac interne s'observe souvent dans des séries d'espèces diversement adaptées, mais possédant des caractères de filiation communs et occupant des aires géographiques continues, de sorte qu'il n'est pas possible de douter que ces espèces aient eu la même origine. Dans ces cas il est facile de suivre dans l'intérieur des groupes d'espèces l'évolution du type d'armature copulatrice. Jamais la variation des pièces du sac interne ne m'a montré d'exemples de séries orthogénétiques ; l'étude des groupes nombreux donne au contraire l'impression de variations brusques survenues en tous sens. Il en est tout autrement des variations dans la forme extérieure de l'œdéagus qui donnent de très beaux exemples d'orthogénèses. Quoi qu'il en soit les caractères des

---

([1]) R. Jeannel, *Revision des* Bathysciinæ. *Morphologie, Systématique, Distribution géographique* (*Biospeologica*, XIX) (*Arch. Zool. exp. et gén.*, 5e série, t. 7, 1911, p. 1-641; 24 planches).

pièces copulatrice du sac interne constituent toujours comme la signature de la série phylétique (¹).

Il semble donc, en règle générale, que la variation de l'armature du sac interne ait été primitive. La cause de cette variation reste à chercher, mais il est certain qu'elle est liée à celle qui a produit la séparation des souches primitives des espèces actuelles. Secondairement se sont produites les variations dans la forme extérieure de l'œdéagus, en même temps que les variations spécifiques dans la forme du corps ou des appendices. Ce sont les différences dans l'armature du sac interne, peut-être apparues par variations brusques en tous sens, qui ont déterminé la ségrégation des lignées, dont l'évolution a produit ensuite des caractères de forme extérieure de l'œdéagus. On peut donc dire que si les caractères tirés de la forme extérieure de l'œdéagus donnent de bons caractères spécifiques, ceux tirés de l'armature du sac interne permettent de bien définir les genres.

Enfin, il est remarquable que parfois des variations dans la forme du paramère, c'est-à-dire des annexes de l'œdéagus, sont en corrélation avec des variations des caractères sexuels secondaires intéressant les pattes, les antennes, la forme du corps. Le fait est évident chez les espèces à variations pœcilandriques comme *Bathysciola asperula* Fairm., par exemple, où les mâles de forme large, à tarses antérieurs très larges, ont aussi les styles latéraux de l'œdéagus très épais (forme *talpa* Norm.). On peut alors constater que l'organe copulateur mâle présente des caractères « primaires » (caractères génériques du sac interne, spécifiques du lobe médian) et aussi de véritables caractères sexuels « secondaires » qui n'intéressent que le paramère.

Au point de vue systématique, les constatations qui précèdent sont grosses de conséquences. Les classifications des Coléoptères actuellement en vigueur ne tiennent absolument aucun compte des caractères sexuels; elles sont presque toujours basées sur des caractères adaptatifs, toujours faciles à décrire, et n'ont par conséquent pas la moindre valeur phylogénique, au moins en ce qui concerne les espèces et les subdivisions des genres. Les véritables caractères de filiation des espèces sont, la plupart du temps, totalement méconnus et, très fréquemment, des espèces bien sépa-

---

(¹) R. Jeannel, *Sur la systématique des* Bathysciinæ. *Les séries phylétiques de Cavernicoles* (*Biospeologica*, XXXIV) (*Arch. Zool. exp. et gén.*, t. 54, 1914, p. 57-78).

rées par de grandes différences de structure des pièces copulatrices sont confondues à cause de ressemblances extérieures trompeuses.

On peut donc affirmer sans crainte que toutes les descriptions des genres et des espèces de Coléoptères sont à refaire ou, tout au moins, à compléter par l'addition des caractères sexuels. Tant qu'il n'aura pas été fait dans chaque groupe des révisions complètes de toutes les espèces, avec étude comparative des pièces copulatrices, tout ce qui sera dit sur les relations phylogéniques des espèces doit être tenu pour faux, toute généralisation biogéographique est d'avance fatalement condamnée à l'erreur.

PROTISTOLOGIE. — *Microsporidies bactériformes et essai de systématique du groupe.* Note de MM. **L. Léger** et **E. Hesse**, présentée par M. Henneguy.

On ne connaît actuellement qu'un petit nombre de Microsporidies baciliformes, c'est-à-dire à spores en bâtonnet, réparties en deux genres : le genre *Octosporea* Flue, 1910 (précisé par Chatton et Krempf, 1911), avec deux espèces parasites des Mouches, et le genre *Mrazekia* Léger et Hesse, 1916, avec quatre espèces parasites d'animaux des eaux vaseuses (*Tubifex*, *Limnodrilus*, Chironomes et Azelles). Dans ces derniers temps nous avons rencontré chez diverses larves aquatiques de Diptères un certain nombre d'autres formes dont nous allons donner une brève description pour montrer la remarquable plasticité de leurs spores bactériformes qui simulent les types morphologiques caractéristiques des Bactéries.

G. *Mrazekia* Léger et Hesse, 1916. Spores tubuleuses rectilignes avec un manubrium axial. (Les deux espèces nouvelles que nous décrivons ici ont des spores bacilliformes qui, malgré leurs dimensions exiguës, nous ont paru avoir même structure que celles de *M. Argoisi*, forme géante de $23^{\mu}$.)

*M. tetraspora* n. sp. Spores en bâtonnet rectiligne ou à peine incurvé de $6^{\mu},5$ sur $0^{\mu},8$ avec un court prolongement hyalin de $1^{\mu},20$ (*fig.* 10) à l'extrémité postérieure. Provenant de pansporoblastes tétrasporés, elles sont d'abord groupées par bottes de quatre, puis s'éparpillent rapidement dans le tissu adipeux de l'hôte. Habitat : Tissu adipeux des larves de *Tanytarsus* sp. Dipt. Grenoble.

*M. bacilliformis* n. sp. Spores de $5^{\mu}$ sur $0^{\mu},8$, sans prolongement caudal, provenant de pansporoblastes octosporés d'abord sphériques, puis découpés en rosace. Ces spores, droites ou à peine incurvées, se répandent par la suite dans tout le tissu adipeux de l'hôte qui semble envahi par des bacilles (*fig.* 3). Schizogonie avec stades

uninucléées en chapelet. Habitat : Tissu adipeux des larves d'*Orthocladius*, sp. Dipt. Grenoble.

G. *Spironema* n. g. Microsporidies à spores tubuleuses, tordues en hélice et aplaties du côté de l'axe d'enroulement. Appareil capsulaire occupant la plus grande partie de la spore, sans manubrium visible.

*S. octospora* n. sp. La spore spirilliforme (*fig.* 4 et 11) mesure $8^{\mu}$ à $8^{\mu},50$ sur $1^{\mu}$. A son extrémité postérieure se voit une vacuole ovalaire autour de laquelle certaines imprégnations réussies montrent le filament spiral. Celui-ci, dévaginé, atteint $100^{\mu}$. Les spores naissent aux dépens de pansporoblastes octosporés souvent nombreux dans une même cellule hypertrophiée de l'hôte, et restent quelque temps groupées en faisceaux ovoïdes comprenant huit éléments tordus comme les carpelles d'un fruit de Spirée. Habitat : tissu adipeux des larves de *Ceratopogon* sp. Dipt. Montessaux (Haute-Saône).

G. *Toxonema* n. g. Microsporidies à spores minuscules en bâtonnet incurvé en demi-cercle.

*T. vibrio* n. sp. Spores en virgule ou en arc de cercle (*fig.* 2). La distance rectiligne qui sépare les deux extrémités est à peine de $2^{\mu}$. La longueur totale de la spore supposée déroulée est d'environ $3^{\mu},5$. La largeur n'excède guère $0^{\mu},3$. A l'une des extrémités légèrement renflée, se voit la vacuole. La spore semble quelque peu tordue, les deux extrémités n'étant pas tout à fait dans le même plan (*fig.* 12). Le plus souvent les spores s'observent en nombre immense, diffuses dans le tissu adipeux de l'hôte. Nous avons pu voir cependant quelques amas sphériques de huit spores indiquant qu'elles doivent se former aux dépens de pansporoblastes octosporés. Habitat : tissu adipeux des larves de *Ceratopogon* sp. Dipt. Montessaux.

Les Microsporidies que nous venons de décrire, de même que les *Cocconema* précédemment signalés [1], se rencontrent presque toujours, dans les tissus infestés, sous forme de spores éparses et innombrables qui, en raison de leur petitesse, montrent une curieuse convergence morphologique avec les Bactéries; et l'on conçoit dès lors qu'en l'absence de stades multiplicatifs caractéristiques et avec des dimensions ne permettant plus l'analyse structurale, on éprouve quelque hésitation à se prononcer sur leur véritable nature. Ainsi, en coloration intense et massive, les spores de *Cocconema* simulent des Staphylocoques, celles de *Mrazekia bacilliformis* des Bacilles, celles de *Spironema* des Spirilles et celles de *Toxonema* des Vibrions (*fig.* 1 à 4).

Par la diversité des formes maintenant connues dans les spores de Microsporidies, le groupe se trouve singulièrement élargi et il nous paraît nécessaire d'établir sur une nouvelle base sa systématique générale. A ce

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 1419.

point de vue, nous pensons que la morphologie sporale, caractère le plus facile à constater et souvent le seul dont on puisse disposer, mérite d'être envisagée comme base d'une systématique pratique des Microsporidies que nous proposons d'ailleurs sans autre prétention que d'apporter un peu d'ordre et de faciliter les recherches dans un groupe que le nombre, la diversité et l'exiguïté des formes tendent à rendre de plus en plus confus.

Les Microsporidies se diviseraient d'abord en deux sous-groupes : les Dicapsulées ou *Dicnidea* et les Monocapsulées ou *Monocnidea*.

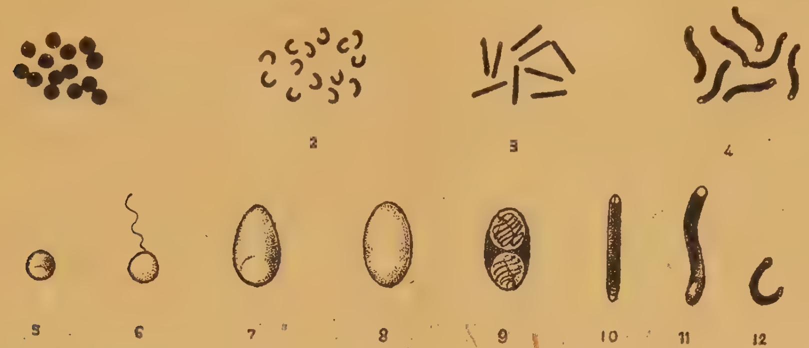



Fig. 1 à 4, spores de Microsporidies bactériformes en coloration massive × 1000 : 1, *Cocconema;* 2, *Toxonema vibrio;* 3, *Mrazekia bacilliformis;* 4, *Spironema.* — Fig. 5 à 10, types de spores de Microsporidies × 3000 : 5 et 6, *Cocconema* in vivo et avec filament dévaginé; 7, type classique de *Glugéidée;* 8 et 9, *Telomyxa* in vivo et avec filament imprégné; 10, *Mrazekia tetraspora;* 11, *Spironema octospora;* 12, *Toxonema vibrio.*

Les *Dicnidea* ne comprennent actuellement que le seul genre *Telomyxa* Léger et Hesse (1910) dont la spore ellipsoïde possède deux capsules polaires et qui, par tous ses autres caractères, est certainement une Microsporidie (*fig.* 8 et 9). Famille unique : Télomyxidées.

Les *Monocnidea* seraient alors réparties en trois familles, selon la forme fondamentale de la spore :

I. Spores piriformes (du type ovoïde au type piriforme plus ou moins acuminé) : Glugéidées (Thélohan) (*fig.* 7). G. *Glugea, Nosema, Pleistophora*, etc.

II. Spores sphériques : Cocconemidées (*fig.* 5 et 6), G. *Cocconema.*

III. Spores en bâtonnet droit, arqué ou spiralé ; Mrazekidées (*fig.* 10, 11, 12). G. *Mrazekia, Octospora, Toxonema.*

La première de ces familles de *Monocnidea*, de beaucoup la plus nombreuse, comprend toutes les Microsporidies des anciens auteurs. On

sait qu'elle a été subdivisée en prenant comme base soit les caractères des stades végétatifs (Stempell), soit le mode de sporulation (Doflein, Pérez). Nous n'essaierons pas pour le moment de pousser plus loin la subdivision de nos familles en suivant l'une ou l'autre de ces méthodes; car, d'une part, les stades végétatifs sont loin d'être suffisamment connus pour beaucoup de formes et, d'autre part, ainsi que Chatton et Krempf (1911) l'ont déjà fait remarquer avec juste raison, nous connaissons aujourd'hui nombre d'espèces qui sporulent suivant les modes numériques les plus variés, ce qui enlève à de tels systèmes une bonne partie de leur valeur pratique.

BIOLOGIE GÉNÉRALE. — *Sur des phénomènes d'auto-destruction et d'auto-agglutination chez les* Convoluta. Note de M^me^ **Anna Drzewina** et de M. **Georges Bohn**, présentée par M. Henneguy.

Nous avons cherché à montrer, sur divers animaux d'eau douce et marins, l'importance du facteur *masse* dans la résistance à la nocivité du milieu : masse d'animaux, masse du liquide ambiant. Certaines espèces, vis-à-vis de certaines substances, résistent d'autant mieux que les individus sont en plus grand nombre et dans un volume plus restreint de la solution toxique. Mais il y a des cas où, au contraire, la résistance se trouve accrue du fait que les individus sont peu nombreux, voire baignés dans une grande masse de liquide. Une hypothèse qui tiendrait compte de l'ensemble des faits que nous avons observés consisterait à dire que tout se passe comme si, en présence d'une solution nocive, les animaux émettaient rapidement une substance, ou des substances, qui aurait pour effet de les désensibiliser ou de les sensibiliser. On assiste de la sorte, suivant les espèces et suivant les solutions, à une auto-protection ou à une auto-destruction. Nous avons cité comme étant dans ce dernier cas les *Polycelis nigra* (1). Nous pouvons y ajouter aujourd'hui les *Convoluta*, traitées par le chlorure de potassium.

Nous avons effectué sur cette espèce, récoltée journellement, de juillet à octobre, sur la petite plage de Buguélès (Côtes-du-Nord), un grand nombre d'expériences. Nous nous servions généralement d'une solution mère de KCl préparée avec 74^g^,6 de ce sel pour un litre d'eau de mer (en quelque

(1) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 107.

sorte une solution normale de KCl dont l'eau de mer serait le solvant), et que l'on diluait au vingtième; des solutions au-dessus ou au-dessous de ce taux avaient une action trop brutale ou trop lente pour le but que nous nous proposions. Chaque série d'expériences portait comparativement sur deux lots qui ne différaient l'un de l'autre que soit par la masse des individus, soit par la masse du liquide. On avait, par exemple :

*a*. 2$^{cm^3}$ de la solution de KCl + 25 *Convoluta;*

*b*. 2$^{cm^3}$ de la solution de KCl + 250 *Convoluta* (environ);

ou bien :

*a*. 2$^{cm^3}$ de la solution de KCl + 25 *Convoluta;*

*b*. 20$^{cm^3}$ de la solution de KCl + 25 *Convoluta*.

L'effet de la solution toxique se manifeste rapidement en une cytolyse progressant d'arrière en avant et amenant la rupture du corps en deux ou trois ou plusieurs tronçons, la partie antérieure abandonnant successivement les portions en voie de cytolyse. Souvent les amputations commencent en moins d'une minute; suivant que l'attaque est plus ou moins brutale, elles portent sur une plus ou moins grande longueur du corps, rejetée d'emblée ou par déchirures répétées, tantôt après traction, tantôt sans effort apparent; dans les cas extrêmes, les « têtes », c'est-à-dire les parties antérieures restées indemnes et qui continuent à marcher sont réduites à peu de choses. Si le terme, qui est de Giard, n'était pas abusif, on serait tenté de dire qu'il y a là « autotomie protectrice »; nous avons, en effet, souvent observé que les lots peu sensibles où les ruptures se produisent à peine périssent avant les autres. Nous comptons revenir ailleurs sur le détail de ces expériences ; le fait sur lequel nous insisterons aujourd'hui est celui-ci : quand les *Convoluta* sont réunies en grand nombre ou bien placées dans un petit volume de liquide, les effets de KCl sont beaucoup plus désastreux que dans le cas contraire, et se manifestent en particulier par le phénomène d'agglutination.

Soient deux verres de montre contenant respectivement dans 2$^{cm^3}$ de la solution mère de KCl diluée au vingtième : *a*, 20 *Convoluta*; *b*, plusieurs centaines de *Convoluta*. Dans *a*, au bout de 1 à 2 minutes, ou plus tôt, ou plus tard, la sensibilité étant variable suivant les lots, les cytolyses et les ruptures commencent à se produire. Mais elles atteignent rarement la totalité des individus, et les « têtes », après s'être débarrassées des parties cytolysées, peuvent continuer à vivre et à se déplacer pendant 24 heures et davantage.

Dans *b*, le phénomène, plus brutal, n'a pas tout à fait la même allure. Aussitôt que les premiers individus se sont rompus et cytolysés — et c'est souvent presque instan-

tané, — ils s'agglomèrent et agissent sur les autres comme un centre d'agglutination. Toute *Convoluta* qui, dans sa course rapide et incessante, passe à proximité est comme happée par un piège : après quelques contorsions, elle s'immobilise et meurt, souvent même sans se cytolyser. Tant que l'amas est petit, il y a encore pas mal de *Convoluta* qui parviennent à se dégager, mais à mesure qu'il grandit l'action s'exalte, et tout individu qui arrive à son contact demeure fixé; souvent en moins de 5 minutes, la presque totalité des individus sont morts, agglutinés en un, deux ou plusieurs amas chevelus.

Ce phénomène d'agglutination des *Convoluta* nous paraît présenter une certaine analogie avec ceux décrits récemment par les bactériologistes au sujet de l'accolement des microbes aux leucocytes. On admet que ces derniers quand ils sont morts laissent échapper un « principe », une substance qui agit, en les agglutinant, sur les microbes sensibilisés par un immun-sérum. Dans le cas des *Convoluta* traitées par K Cl, une substance émise par les individus en voie de cytolyse agirait sur ceux encore indemnes en amenant leur agglutination. L'auto-destruction ainsi déterminée est, comme on l'a vu, fonction de la masse des individus et de la masse du liquide ambiant.

MORPHOLOGIE. — *Signification morphologique du tissu glandulaire endocrinien du testicule des Urodèles.* Note (1) de M. M. **Aron**, *présentée par* M. Widal.

En des communications antérieures (2), nous avons étudié le tissu glandulaire qui prend temporairement naissance dans le testicule, à l'époque des amours, chez les Brataciens Urodèles. Nous avons montré le caractère endocrinien de ce tissu et, par une série d'expériences, nous avons pu mettre nettement en évidence son rôle dans la détermination des caractères sexuels secondaires et des manifestations du rut. La présente Note a pour but d'appeler l'attention sur la signification morphologique de cette glande périodique.

Nous rappellerons d'abord brièvement sa genèse.

Le tissu glandulaire dont il s'agit apparaît dans la région du hile testiculaire à

---

(1) Séance du 23 janvier 1922.

(2) *Comptes rendus*, t. 173, 1921, p. 57; *C. R. de la Soc. de Biol.*, t. 85, 1921, p. 482.

l'époque du rut, c'est-à-dire, pour l'espèce étudiée (Triton crêté), vers le mois d'avril. Il se forme aux dépens des cellules de Sertoli contenues dans les cystes à spermies. Ces cellules prolifèrent et se chargent d'abondantes enclaves lipoïdiques, cependant que disparaissent les spermatozoïdes. L'ancienne cavité du cyste finit par se trouver comblée par les éléments en question, et, par suite de la régression de sa paroi propre, elle fait place à un amas glanduliforme entouré de tissu vasculo-conjonctif. Un tel massif cellulaire a une existence passagère. Nous avons montré qu'après un court délai de fonctionnement, il subit une véritable et rapide atrophie, tandis que, par le même mécanisme, se forment dans son voisinage, tant que dure le rut, de nouveaux massifs identiques. En résumé, le tissu glandulaire du testicule des Urodèles résulte de la prolifération et de la transformation endocrine des éléments nourriciers des cellules séminales.

Si la signification physiologique de ce tissu endocrinien est, comme nous en avons apporté la preuve expérimentale, identique à celle de la glande interstitielle du testicule des Mammifères, on voit qu'au contraire sa signification morphologique apparaît toute particulière. C'est elle qu'il importe, dès à présent, d'éclairer.

La première question qui se pose à cet égard est celle de la cause qui détermine la prolifération, à une époque déterminée, des éléments nourriciers de certains cystes.

Champy (1913) (1) constatait la formation du tissu glandulaire, déjà signalé par Pérez dès 1904, en des cystes vidés de leur contenu. Dans une Note récente (2) cet auteur a émis l'hypothèse que la multiplication des cellules de Sertoli est en rapport avec l'abondante phagocytose de spermies qui se produit lors du rut. Les enclaves lipoïdiques représenteraient donc les produits d'une véritable activité macrophagique de la part des cellules nourricières. Il est incontestable que, dans les cystes où se forme le tissu glandulaire, se rencontrent parfois des spermatozoïdes dégénérés. Mais ce sont là des éléments retardataires étouffés par la prolifération sertolienne. On observe aussi, dans la zone en cours d'évolution endocrine, des cystes remplis de spermies en régression, où cette prolifération n'a pas lieu. Les phénomènes de dégénérescence des gamètes sont donc contingents. Nous estimons que c'est dans l'élimination physiologique des spermies, dans la vacuité des cystes qui en résulte, qu'il faut voir le stimulus à la multiplication des cellules de Sertoli. C'est la rupture de l'équilibre entre les éléments

(1) *Arch. de Zool. gén. et exp.*, t. 52, fasc. 2.
(2) *Comptes rendus*, t. 172, 1921, p. 482.

nourris et les éléments nourriciers qui provoque l'excitation réactionnelle de ces derniers. Il y a là un processus superposable à la formation du corps jaune de l'ovaire chez les Mammifères. Dans les deux cas les cellules nourricières se divisent rapidement par amitose à la suite de l'évacuation, en tout ou partie, du contenu folliculaire, et aboutissent à la constitution d'une glandule transitoire.

La deuxième question qui reste à envisager, et la plus délicate, est celle de la valeur morphologique de ces pseudo-corps jaunes. Pour donner naissance à ces formations de rôle endocrinien, les cellules exocrines nourricières des spermies augmentent purement et simplement de nombre et se chargent d'enclaves lipoïdiques plus abondantes, mais vraisemblablement identiques à celles qu'ils renferment habituellement. On est donc amené à se demander pourquoi, dans les conditions normales, les cellules de Sertoli n'exercent pas constamment une activité endocrine de même ordre. Mais cette difficulté d'interprétation n'est qu'apparente. Rappelons que la genèse du tissu glandulaire s'accompagne de la disparition de la paroi des cystes et que les massifs cellulaires formés dans leur cavité entrent alors, et seulement alors, en rapport direct avec le tissu conjonctif et les vaisseaux du voisinage. Au total il se produit en toute évidence, à ce stade, un *changement de polarité sécrétoire* des éléments sertoliens qui, peut-être, s'accompagne d'une émigration du centrosime analogue à celle que récemment Masson a montrée dans les cellules tumorales à polarité inversée. Nous avons pu d'ailleurs provoquer expérimentalement la multiplication des cellules de Sertoli et la genèse de formations voisines des pseudo-corps jaunes endocriniens sans qu'en résulte par contre aucune modification de la polarité de ces éléments, par suite aucune action générale sur l'organisme. L'ablation bilatérale, en dehors du rut, des corps adipeux qui coiffent les testicules, a pour effet la multiplication compensatrice des cellules de Sertoli qui se chargent de granulations osmio-réductrices plus abondantes qu'avant l'opération et tendent à envahir certains cystes. Le processus débute donc comme celui ci-dessus décrit, mais il n'a pour résultat, ni la rupture du cyste et l'organisation endocrine de son contenu, ni l'apparition des signes du rut.

Les considérations qui précèdent nous semblent de nature à suggérer le rapprochement des phénomènes observables chez les Urodèles avec ceux qui se manifestent chez les espèces à glande interstitielle périodique ou permanente. Nous venons de montrer que, chez les Urodèles, c'est le même produit de secrétion qui paraît utilisé, soit en vue de la nutrition des cel-

lules germinales, soit en vue de la détermination des caractères sexuels. On est en droit de se demander s'il n'en est pas de même dans toute la série des Vertébrés et si la glande interstitielle, là où on l'observe, n'a pas la valeur d'un perfectionnement dans le sens que nous indiquons.

On est ainsi entraîné à admettre qu'elle assume l'exercice simultané de la double polarité, exocrine et endocrine, que l'on voit chez les Urodèles mise en jeu alternativement, et qu'elle représente un tissu destiné à suppléer les cellules de Sertoli, désormais vouées, par le progrès de leur différenciation, au rôle purement exocrine d'intermédiaire entre le milieu nourricier et la lignée germinale. Quant à la cause déterminante du développement de la glande interstitielle au cours de la phylogénèse, il faudrait la rechercher dans l'influence que l'élimination physiologique, périodique ou permanente des spermies, exerce sur les cellules conjonctives de voisinage, dès que la cellule de Sertoli devient inapte à réagir aux changements d'équilibre entre éléments nourriciers et éléments nourris. S'il en est ainsi, on conçoit qu'outre la fonction endocrine, mise indéniablement en lumière par les travaux de Bouin et Ancel, la cellule interstitielle exerce également une fonction exocrine, en cédant une partie du produit de son activité aux éléments sertoliens. La notion de la double polarité fonctionnelle de la glande interstitielle du testicule, celle du couplage entre cette glande et les cellules de Sertoli, est apte à permettre l'interprétation logique de nombreux faits, apparemment disparates, relatifs au tissu glandulaire du testicule dans la série des Vertébrés.

A 17 heures et quart, l'Académie se forme en Comité secret.

## COMITÉ SECRET.

La **Section de Géographie et Navigation**, par l'organe de son Doyen, présente la liste suivante de candidats à la place vacante par le décès de M. *Alfred Grandidier* :

*En première ligne*. . . . . . . . . . . . . . . M. GUSTAVE FERRIÉ

*En seconde ligne, ex æquo et par ordre alphabétique*. . . . . . . . . . . . . . . . . . MM. FÉLIX ARAGO, EUGÈNE FICHOT, GEORGES PERRIER, EDOUARD PERRIN, JEAN TILHO

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la prochaine séance.

La séance est levée à 18 heures et demie.

A. Lx.

---

## *ERRATA.*

(Séance du 3 janvier 1922.)

Ouvrages présentés :

Page 22, ligne 12, le nom de l'auteur JEAN DELPHY a été omis.

(Séance du 16 janvier 1922.)

Note de M. *F.-E. Fournier*, Relations entre les formes de carène d'un navire, les déplacements relatifs de sa houle satellite, etc. :

Page 136, formule (8), *au lieu de* $w'^2$, *lire* $w^2$.

Note de M. *Muguet*, Le plomb dans les minerais d'urane de Madagascar :

Page 172, ligne 15, *au lieu de* samiésite, *lire* samirésite.

Note de M. *Maurice Leriche*, Les vestiges du Lutétien, remaniés dans le Quaternaire du nord de la France :

Page 175, ligne 13, *au lieu de* microsphérique, *lire* macrosphérique.